

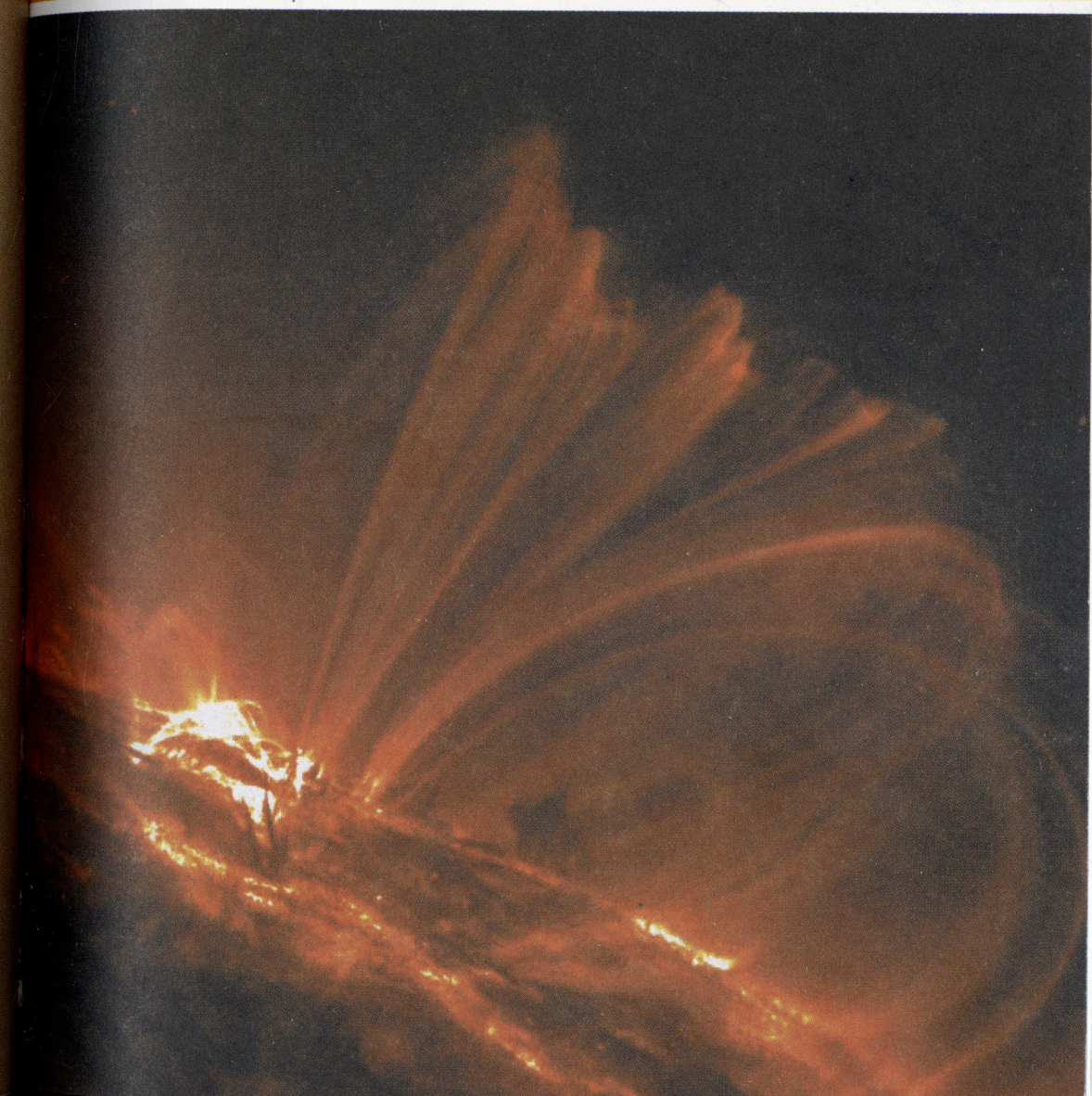
ISSN 0044-3948

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

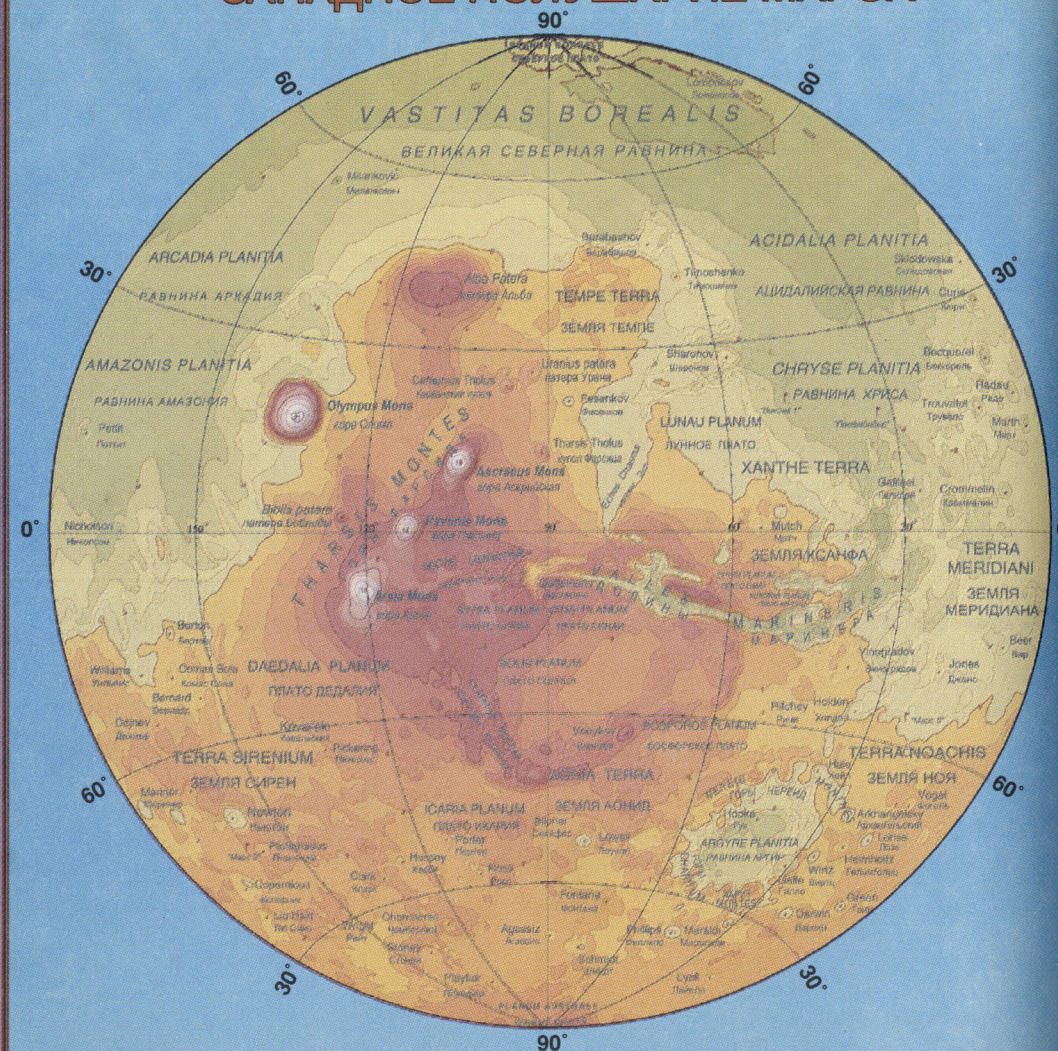
КОСМОНАВТИКА
АСТРОНОМИЯ
ГЕОФИЗИКА

МАРТ – АПРЕЛЬ

2/2005



ЗАПАДНОЕ ПОЛУШАРИЕ МАРСА



1:26000000

Равновеликая азимутальная проекция

Научно-популярный журнал
Российской академии наук
Издается под руководством
Президиума РАН
Выходит с января 1965 года
6 раз в год
Академиздатцентр
"Наука"
Москва

Земля и Вселенная

2/2005

Солнце в октябре-ноябре 2004 г.
[14]; Удивительный снимок редчайшего явления [16]; Метаморфозы углеродной звезды [17]; Старт "Союза-2" [48]; Катастрофическое землетрясение [49]; Динозавры Антарктиды [57]; Наблюдения болидов с ИСЗ [69]; Исследование Земли из космоса [75]; Течением управляет климат [89]; Новые книги [90, 91]; Частицы солнечного ветра на Земле [107]; Космолет "Спейсшип-1" [108]; Компьютерная алгебра и задача трех тел [108]; Проект российского пилотируемого корабля [110]; Тройное затмение [110]; Коррекция орбиты МКС [111]

В номере:

- 3 Поздравления журналу
- 4 СОМОВ Б.В. Физика солнечных вспышек
- 18 ПЕРМИНОВ А.Н. Состояние и перспективы космической деятельности России
- 29 УФИМЦЕВ Г.Ф. Гималаи глазами геолога
- 38 РОДИОНОВА Ж.Ф., ИЛЮХИНА Ю.А. Новая карта рельефа Марса

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

- 50 МАРКИН В.А. Одна Земля – множество миров

ЗАРУБЕЖНАЯ КОСМОНАВИКА

- 58 ГЕРАСЮТИН С.А. Полеты межпланетных станций и научных спутников

ПЛАНЕТАРИИ

- 70 ЛЕВИТАН Е.П. Московскому планетарию – 75 лет

ИСТОРИЯ НАУКИ

- 76 ДОВГАНЬ В.Г. Дистанционное управление луноходами и планетоходами
- 82 СТАРОВОЙТ О.Е. Сейсмические наблюдения в России

ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

- 92 ШЕВЧЕНКО В.В. XXI век: проблема внеземных природных ресурсов

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 101 Небесный календарь: май-июнь 2005 г.



© Российская академия наук
© Редколлегия журнала
"Земля и Вселенная" (составитель), 2005 г.

Zemlya i Vselennaya (Earth and Universe); Moscow, Maronovsky per., 26, f. 1965, 6 a year; by the Nauka (Science) Publishing House; Joint edition of the Russian Academy of Sciences and the Society of Astronomy and Geodesy; popular; current hypotheses of the origin and development of the Earth and Universe; astronomy, geophysics and space research; Chief Editor V.K. Abalakin; Deputies Editors V.M. Kotlyakov, E.P. Levitan

На стр. 1 обложки: Вспышечно-активные области на солнечном лимбе. Изображение в линии крайнего ультрафиолета (171 Å) получено 1 октября 2001 г. с помощью КА "TRACE". Фото NASA (к ст. Б.В. Сомова).

На стр. 2 и 3 обложки: Западное и Восточное полушария Марса. Гипсометрическая карта создана по данным высокоточного лазерного альтиметра MOLA американской АМС "Марс Глобал Сервейер". ГАИШ МГУ, 2004 г. (к ст. Ж.Ф. Родионовой и Ю.А. Илюхиной).

На стр. 4 обложки: Тройное затмение Юпитера его спутниками. На фоне планеты видны диски Ио (в центре) и Ганимеда (справа сверху), а также тени трех спутников – Ганимеда, Ио и Каллисто. Снимок KTX, 28 марта 2004 г. Фото NASA (к стр.110).

In This Issue:

- 3 Congratulation to the Magazine
- 4 SOMOV B.V. Physical Nature of Sun Flashes
- 18 PERMINOV A.N. State and Perspectives of Cosmic Activities of Russia
- 29 UFIMTZEV G.F. Himalayas by Geologist's Eyes
- 38 RODIONOVA Zh.F., ILJUHINA Ju.A. New Map of Mars Relief

SYMPOSIA, CONFERENCES, CONGRESSES

- 50 MARKIN V.A. One Earth – A Lot of Worlds

FOREIGN ASTRONAUTICS

- 58 GERASJUTIN S.A. Flights of Interplanet Stations and Scientific Satellites

PLANETARIA

- 70 LEVITAN E.P. 75 Years of Moscow Planetarium

HISTORY OF SCIENCE

- 76 DOVGAN' V.G. Remote Control of Lunohods and Planetohods
- 82 STAROVOJT O.E. Seismic Observation in Russia

HYPOTHESES, DISCUSSIONS, SUGGESTIONS

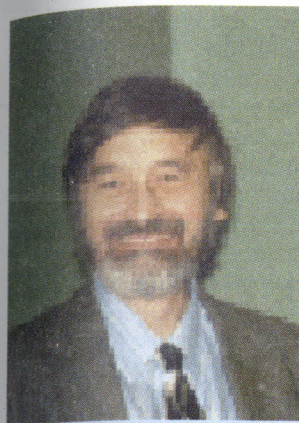
- 92 SHEVCHENKO V.V. XXIst Century: Problem of Natural Resources Out of the Earth

AMATEUR ASTRONOMY

- 101 Celestial Calendar: May–June 2005

Редакционная коллегия

Главный редактор член-корреспондент РАН В.К. АБАЛАКИН
 Зам. главного редактора академик В.М. КОТЛЯКОВ
 Зам. главного редактора доктор педагогических наук Е.П. ЛЕВИТАН
 доктор физ.-мат. наук А.А. ГУРШТЕЙН,
 член-корр. РАН Л.М. ЗЕЛЕНЬКИЙ,
 доктор филос. наук В.В. КАЗЮТИНСКИЙ,
 доктор физ.-мат. наук Л.И. МАТВЕЕНКО,
 член-корр. РАН И.И. МОХОВ, член-корр. РАН А.В. НИКОЛАЕВ,
 член-корр. РАН И.Д. НОВИКОВ, доктор техн. наук Г.А. ПОЛТАВЕЦ,
 доктор геол.-мин. наук Г.И. РЕЙСНЕР,
 доктор физ.-мат. наук Ю.А. РЯБОВ,
 доктор физ.-мат. наук Ю.А. СУРКОВ,
 доктор техн. наук Г.М. ТАМКОВИЧ,
 академик АН Молдовы А.Д. УРСУЛ, член-корр. РАН А.М. ЧЕРЕПАШУК,
 доктор физ.-мат. наук В.В. ШЕВЧЕНКО



А.О. ГЛИКО, член-корреспондент РАН, директор Объединенного института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН

Сотрудники института сердечно поздравляют журнал "Земля и Вселенная" с юбилеем.

На протяжении многих лет журнал является светочем знаний не только для широкого круга читателей, интересующихся проблемами Земли и Вселенной, но и для профессиональных геофизиков, занимающихся Землей. Он открывает просторы "Космоса". Мы, в свою очередь, стараемся раскрыть читателям тайны глубин Земли.

Желаем больших творческих успехов в развитии благородных наук о Земле и Вселенной!



Н. Мальшакова, Председатель правления Ассоциации планетариев России, директор Ярославского планетария

От имени работников планетариев России и Украины, членов правления Ассоциации планетариев России, коллектива Ярославского планетария рада поздравить членов редколлегии и коллектив редакции журнала "Земля и Вселенная" с 40-летием со дня основания!

Появление Вашего журнала было необходимым, желанным и знаменательным событием для всех, изучающих Вселенную и интересующихся успехами и достижениями естествознания. С первого номера журнал стал соответствовать высокому профессиональному уровню и в то же время, что так же важно, доступным для понимания неспециалистами. Журнал известен, любим и востребован от любителей науки до профессиональных научных работников.

Выражаем искреннее уважение и признательность за тесное сотрудничество и внимание журнала к планетариям страны, за помощь творческим работникам, которую сложно переоценить.

В связи с замечательным юбилеем желаем всему коллективу журнала доброго здоровья, творческих успехов, счастья в жизни!

С.П. Гордиенко, главный редактор журнала "Вселенная, пространство, время" (Украина)



Приятно, когда у старших коллег праздник! Нам вот только-только исполняется годик, а ваш журнал "Земля и Вселенная" вступает в самый благодатный возраст, собираясь праздновать свое 40-летие – время расцвета творческих сил, которое древние греки называли "золотой возраст".

"Земля и Вселенная" впервые вышел в свет в январе 1965 г. Подумать только, сколько потрясающих событий, которые стали сегодня историей космонавтики, уникальных астрономических открытий, интереснейших фактов из прошлого и настоящего нашей планеты освещалось на его страницах за все это время! Ваш журнал открыл мир звезд, осветил путь в профессиональную и любительскую астрономию как минимум двум поколениям читателей, приобщив их к науке о Вселенной.

Журнал ваш солидный и в самом лучшем смысле слова академический. При этом составляющие каждый номер статьи и заметки читаются как увлекательный бестселлер. Все это говорит о сочетании наработанного годами огромного опыта с молодой увлеченностью и любовью к своему делу.

Мы от души поздравляем редколлекцию и всех сотрудников журнала "Земля и Вселенная" с замечательной датой!

Поздравления журналу

Физика солнечных вспышек

Б. В. СОМОВ,
доктор физико-математических наук
Государственный астрономический институт
им. П.К. Штернберга, МГУ

Во время большой вспышки поток жесткого электромагнитного излучения Солнца возрастает во много раз. В невидимых для нас ультрафиолетовых (УФ), рентгеновских и гамма-лучах наше светило становится "ярче тысячи солнц". Излучение достигает орбиты Земли через восемь минут после начала вспышки. Через несколько десятков минут приходят потоки заряженных частиц, ускоренных до ги-



гантских энергий, а через двое-трое суток – огромные облака солнечной плазмы. К счастью, озоновый слой атмосферы Земли защищает нас от опасного излучения, а геомагнитное поле – от частиц. Однако даже на Земле, а тем более в космосе, солнечные вспышки опасны, и необходимо уметь заблаговременно их прогнозировать. Что же такое солнечная вспышка, как и почему она возникает?

СОЛНЦЕ И МЫ

Ближайшая к нам звезда – **Солнце** – родилась около 5 млрд. лет тому назад. Внутри нее идут ядерные реакции, благодаря которым существует жизнь на Земле. Построенные на основе современных наблюдений теоретические модели строения и эволюции Солнца не оставляют сомнений в

том, что оно будет сиять еще миллиарды лет.

Солнечное излучение – главный источник энергии для земной атмосферы. Фотохимические процессы в ней особенно чувствительны к жесткому УФ-излучению, которое вызывает сильную ионизацию. Поэтому, когда Земля была молодой, жизнь существовала только в океане. Позднее, примерно 400 млн.

лет назад, появился озоновый слой, поглощающий ионизирующее излучение, и жизнь вышла на сушу. С тех пор озоновый слой защищает нас от разрушительного воздействия жесткого УФ-излучения.

Магнитное поле Земли, ее магнитосфера препятствует проникновению к Земле быстрых заряженных частиц солнечного ветра

(Земля и Вселенная, 1974, № 4; 1999, № 5). Когда его порывы взаимодействуют с магнитосферой, часть частиц все-таки выпадает вблизи магнитных полюсов Земли, порождая полярные сияния.

Увы, гармонию наших отношений с Солнцем нарушают солнечные вспышки.

ВСПЫШКИ НА СОЛНЦЕ

Последние десятилетия сразу несколько космических обсерваторий пристально вглядываются в "разгневанное" Солнце с помощью специальных рентгеновских и УФ-телескопов. Сейчас таких космических аппаратов четыре: американские "SOHO"

(Solar and Heliospheric Observatory – солнечная гелиосферная обсерватория; Земля и Вселенная, 2003, № 3), "TRACE" (Transition Region and Coronal Explorer – исследователь короны и переходного слоя), "RHESSI" (Ramaty High Energy Solar Spectroscopic Imager – солнечный спектральный телескоп высокоэнергичного излучения им. Рамати) и российский спутник "Корона-Ф" (Земля и Вселенная, 2002, № 6).

Огромный интерес к вспышкам на Солнце не случаен. Большие вспышки оказывают сильное воздействие на околоземное космическое пространство. Потоки частиц и излучения опасны для космонавтов. Кроме того, они могут повредить электронные приборы космических аппаратов, нарушить их работу.

УФ- и рентгеновские лучи от вспышки внезапно увеличивают ионизацию в верхних слоях атмосферы Земли, в ионосфере. Это может приводить к нарушениям радиосвязи, сбоям в работе радионавигационных приборов кораблей и самолетов, радиолокационных систем, длинных линий электроснабжения. Частицы высоких энергий, проникая в верхнюю атмосферу Земли, разрушают озоновый слой. Содержание озона уменьшается из года в год. Научную дискуссию вызывает вопрос о вероятной связи вспышечной активности Солнца с климатом на Земле.

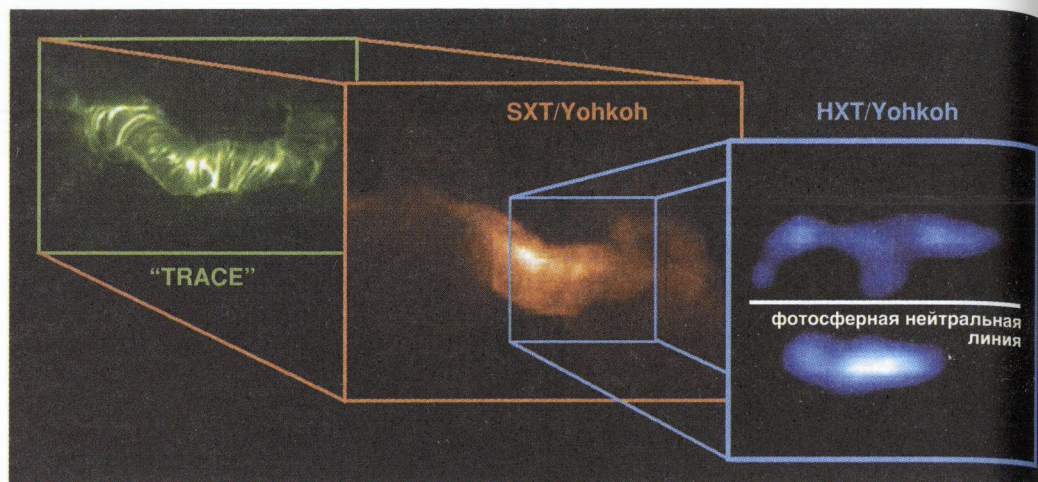
Ударные волны и выбросы солнечной плазмы после вспышек сильно возмущают магнитосферу Земли, вызывают магнитные бури (Земля и Вселенная, 1999, № 5). Важно, что возмущения магнитного поля на поверхности Земли могут влиять на живые организмы, на состояние биосферы Земли (Земля и Вселенная, 1974, № 4; 1981, № 4), хотя это воздействие кажется пренебрежимо малым по сравнению с другими факторами нашей повседневной жизни.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВСПЫШЕК

Необходимость прогнозирования солнечных вспышек возникла давно, но особенно остро в связи с пилотируемыми космическими полетами. Долгое время почти независимо и практически безре-

зультатно разрабатывались два подхода к решению этой проблемы. Их можно условно назвать *синоптическим* и *каузальным* (причинным). Первый – сходный с предсказаниями погоды – базировался на изучении морфологических особенностей предвспышечных ситуаций на Солнце. Вторым методом подразумевает знание физического механизма вспышки и, соответственно, распознавание предвспышечной ситуации путем ее моделирования.

До начала космических исследований на протяжении многих лет наблюдения вспышек велись преимущественно в оптическом диапазоне электромагнитного излучения: в линии водорода H_α и в "белом свете" (непрерывном спектре видимого излучения). Наблюдения в магниточувствительных линиях позволили установить тесную связь вспышек с магнитными полями на поверхности Солнца (фотосфере). Часто вспышка видна как увеличение яркости хромосферы (слой непосредственно над фотосферой) в виде двух светящихся лент, расположенных в областях магнитных полей противоположной полярности. Радионаблюдения подтверждали эту закономерность, имеющую принципиальное значение для объяснения механизма вспышки. Однако его понимание оставалось на чисто эмпирическом уровне, а теоретические модели (даже самые правдоподобные) казались совершенно не



убедительными (Земля и Вселенная, 1974, № 4).

Уже первые внеатмосферные наблюдения с помощью космических аппаратов показали, что солнечные вспышки представляют собой корональное, а не хромосферное явление. Современные многоволновые наблюдения Солнца с космических и наземных обсерваторий свидетельствуют о том, что источник энергии вспышки расположен над аркадой вспышечных петель (светлые полосы на рисунке слева) в короне, наблюдаемых в мягком рентгеновском и УФ-излучении. Аркады опираются на хромосферные вспышечные ленты, которые расположены по разные стороны линии раздела полярности фотосферного магнитного поля, или фотосферной нейтральной линии.

ЭНЕРГИЯ ВСПЫШКИ

Солнечная вспышка — самое мощное из всех проявлений активности

Солнца. Энергия большой вспышки достигает $(1-3) \cdot 10^{32}$ эрг, что приблизительно в сто раз превышает тепловую энергию, которую можно было бы получить при сжигании всех разведанных запасов нефти и угля на Земле. Эта гигантская энергия выделяется на Солнце за несколько минут и соответствует средней (за время вспышки) мощности 10^{29} эрг/с. Однако это меньше сотых долей процента от мощности полного излучения Солнца в оптическом диапазоне, равной $4 \cdot 10^{33}$ эрг/с. Она называется *солнечной постоянной*. Поэтому при вспышке не происходит заметного увеличения светимости Солнца. Лишь самые большие из них можно заметить в непрерывном оптическом излучении.

Откуда и как черпает свою огромную энергию солнечная вспышка?

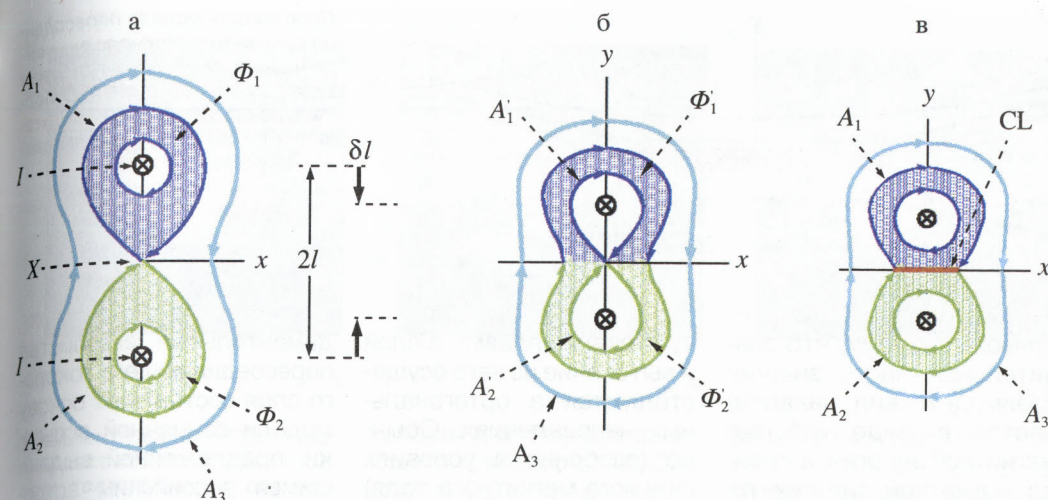
Источник энергии вспышки — магнитное поле в атмосфере Солнца. Оно определяет морфологию и энергетику той активной

Солнечная вспышка (рентгеновский балл X5.7), зарегистрированная 14 июля 2000 г. со спутников "TRACE" и "Yohkoh". Видна аркада вспышечных петель: слева в УФ (195 Å); в центре — в мягком рентгеновском излучении; справа — источники жесткого рентгеновского излучения (53–94 кэВ), расположенные вдоль вспышечных лент — основания аркады.

области, где произойдет вспышка. Здесь энергия поля много больше, чем тепловая и кинетическая энергия плазмы. Во время вспышки происходит быстрое превращение избыточной энергии поля в энергию частиц и излучения плазмы. Физический процесс, обеспечивающий такое превращение, называется **магнитным пересоединением**.

ЧТО ТАКОЕ ПЕРЕСОЕДИНЕНИЕ?

Рассмотрим простейший пример, который демонстрирует явление магнитного пересоединения. Пусть два параллельных



Магнитное поле двух параллельных электрических токов одинаковой величины I : а) в начальный момент времени; A_1, A_2 — сепаратриса; Φ_1, Φ_2 — магнитный поток до пересоединения; A_3 — линия поля общего магнитного потока двух токов; б) после сближения проводников на расстояние δl друг к другу. A'_1, A'_2 — новая сепаратриса; Φ' — пересоединенный магнитный поток. Он стал общим потоком двух токов; линия x проходит перпендикулярно плоскости рисунка; в) магнитное пересоединение в плазме. Показано промежуточное (предвспышечное) состояние с непересоединяющим (медленно пересоединяющим) токовым слоем CL.

проводника расположены на расстоянии $2l$ друг от друга. По каждому из проводников течет электрический ток. Магнитное поле этих токов состоит из трех различных магнитных потоков. Два из них — Φ_1 и Φ_2 — принадлежат соответственно верхнему и нижнему токам; каждый поток охватывает свой проводник. Они расположены внутри сепаратрисной линии поля A_1, A_2 (сепаратрисы), которая образу-

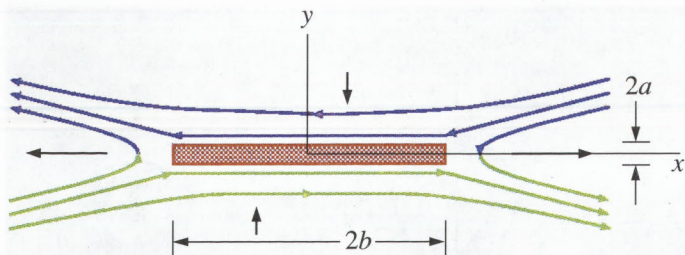
ет "восьмерку" с точкой пересечения X . Третий поток расположен вне сепаратрисной линии. Он принадлежит одновременно обоим проводникам.

Если мы сместим оба проводника в направлении друг к другу на величину δl , то магнитные потоки перераспределятся. Собственные потоки каждого из токов уменьшатся на величину $\delta\Phi$, а их общий поток увеличится на ту же величину (объединенный поток Φ'_1 и Φ'_2). Этот процесс называется **пересоединением линий магнитного поля**, или просто **магнитным пересоединением**. Он осуществляется следующим образом. Две линии поля подходят к точке X сверху и снизу, сливаются с ней, образуя новую сепаратрису, и затем соединяются так, чтобы образовать линию поля, которая охватывает оба тока.

Отметим, что такое пересоединение в вакууме при всей его простоте — ре-

альный физический процесс. Его можно легко воспроизвести в лаборатории. Пересоединение магнитного потока индуцирует электрическое поле, величину которого можно оценить, разделив величину $\delta\Phi$ на характерное время процесса пересоединения δt , то есть время движения проводников. Это поле будет ускорять заряженную частицу, помещенную вблизи линии x .

Плазма солнечной короны отличается от вакуума очень высокой электрической проводимостью. Как только появляется индуцируемое пересоединением электрическое поле E , оно сразу же порождает электрический ток, направленный вдоль линии x . Он приобретает форму *токового слоя*, который препятствует процессу пересоединения. В плазме высокой проводимости токовый слой делает пересоединение между взаимодействующими магнитными потоками очень медленным. Это



Простейшая модель пересоединяющего токового слоя — нейтральный слой. $2a$ — толщина слоя; $2b$ — ширина слоя. Стрелками показаны направления втекания плазмы в слой и вытекания из него.

приводит к тому, что значительная часть энергии взаимодействия накапливается в виде избытка магнитной энергии, а именно *магнитной энергии токового слоя*.

ТОКОВЫЕ СЛОИ И ВСПЫШКИ

В общем случае пересоединяющий токовый слой представляет собой магнитно-плазменную структуру, как минимум, двухмерную и, как правило, двухмасштабную, поскольку

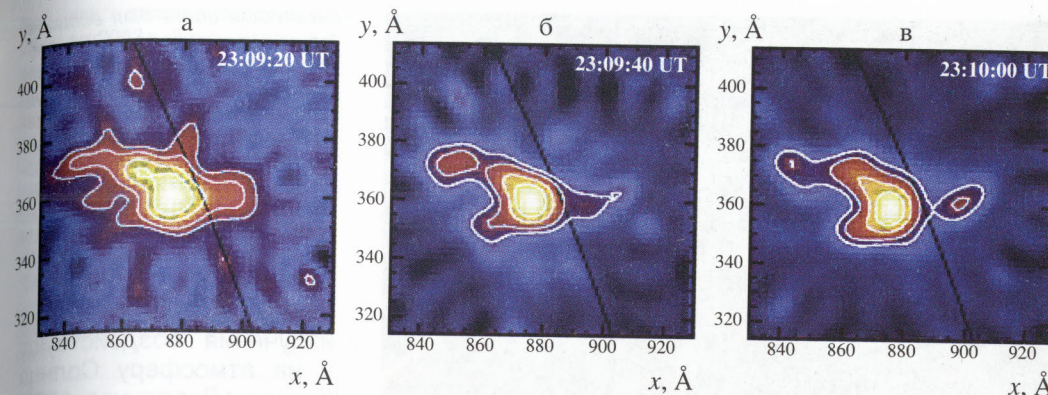
ку втекание плазмы в слой и вытекание из него осуществляются в ортогональных направлениях. Обычно (особенно в условиях сильного магнитного поля) ширина слоя ($2b$) много больше его толщины ($2a$). Это важно, поскольку чем шире токовый слой, тем большую энергию он может накопить в области взаимодействия магнитных потоков. Между тем чем толще слой, тем больше скорость диссипации (потери) накопленной энергии. Эти фун-

даментальные свойства пересоединяющего токового слоя составляют основу модели солнечной вспышки, предложенной выдающимся российским астрофизиком С.И. Сыроватским (1925–1979).

В реальных трех измерениях только в последние десятилетия благодаря космическим исследованиям Солнца стала понятна роль топологических свойств крупномасштабных магнитных полей и кинетических плазменных явлений, вовлеченных в процесс пересоединения во вспышках.

“РАДУГА” И “МОЛНИИ” НА СОЛНЦЕ

Первоначально взаимодействие магнитных потоков в атмосфере Солнца рассматривалось исключительно как результат всплывания нового магнитного поля из-под фотосферы в корону. Новый магнитный поток, поднимаясь в солнечной атмосфере, взаимодействует со старым, предшествующим магнитным потоком. В действительности взаимодействие магнитных потоков в атмосфере Солнца — гораздо более общее явление. В 1985 г. автор статьи предложил модель, которая связыва-



Вспышки 15 апреля 2002 г. Изображения получены рентгеновским телескопом на спутнике “RHESSI” в диапазоне энергий 10–25 кэВ, который соответствует тепловому излучению сверхгорячей плазмы: а) непосредственно перед импульсной фазой; б) во время импульсного нарастания потока жесткого рентгеновского излучения; в) в максимуме интенсивности. Движущийся вверх источник соответствует началу коронального выброса массы.

сепаратора пересоединяющего токового слоя. Она влияет на скорость пересоединения поперечных составляющих поля $B_{\perp}$ и, следовательно, на мощность процесса преобразования энергии поля в тепловую и кинетическую энергии частиц. Это позволяет лучше понять и точнее объяснить особенности энерговыделения в солнечной вспышке.

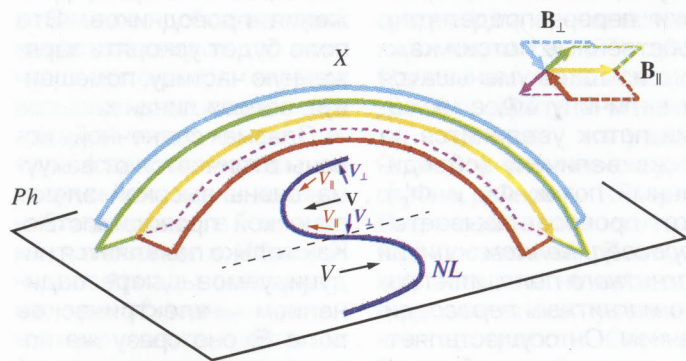
Вспышка — быстрое магнитное пересоединение, которое подобно гигантской молнии вдоль “радуги” сепаратора. Оно связано с сильным электрическим полем (больше 10–30 В/см) в высокотемпературном (более 10^8 К) турбулентном токовом слое (ВТТС), несущем огромный электрический ток (порядка 10^{11} А).

ПЕРВИЧНОЕ ЭНЕРГОВЫДЕЛЕНИЕ

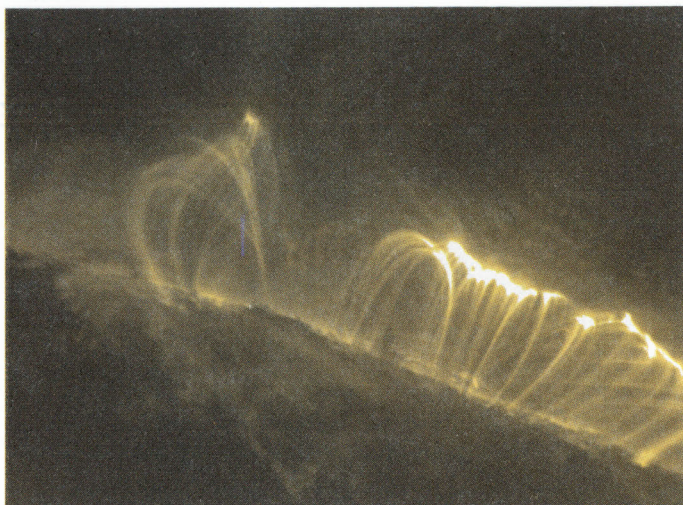
Вспышка во всем ее многообразии и красоте (см. стр. 1 обложки) — следствие первичного выделения энергии в ВТТС. Наличие нескольких каналов выделения энергии в токовом слое (течения плазмы, тепловые потоки и элект-

ромагнитное излучение, ускоренные частицы) определяет многообразие физических процессов, вызываемых вспышкой в атмосфере Солнца.

Пересоединенные линии магнитного поля вместе со “сверхгорячей” (электронная температура больше $3 \cdot 10^7$ К) плазмой и ускоренными частицами движутся из ВТТС со скоростями порядка 10^3 км/с. Рентгеновский телескоп космической обсерватории “RHESSI” зафиксировал два источника жесткого рентгеновского излучения в короне во время вспышки 15 апреля 2002 г. Один из них находился высоко над солнечным лимбом. Его движение вверх соответствовало зарождению коронального выброса массы в межпланетное пространство. Этот выброс зарегистрировал коронограф на космическом аппарате “SOHO” 16 апреля 2002 г. (Земля и Вселенная, 2003, № 3). Второй источник жесткого рентгеновского излучения находился под сепаратором. Пространственное распределение энергии жесткого рентгеновского излучения и, следовательно,



Модель магнитного поля активной области перед вспышкой. Особая линия магнитного поля — сепаратор (X) над S-образным изгибом фотосферной нейтральной линии (NL) — подобна радуге над рекой. Вихревое течение со скоростью V в фотосфере деформирует фотосферную нейтральную линию так, что она приобретает форму буквы S. $V_{\perp}$ — конвергентные фотосферные течения (направленные к нейтральной линии); $V_{\parallel}$ — сдвиговые фотосферные течения (направленные вдоль нейтральной линии). В правом верхнем углу показана структура поля в окрестности сепаратора, вблизи его вершины: $B_{\perp}$ — поперечные составляющие поля (перпендикулярные сепаратору), $B_{\parallel}$ — продольная составляющая поля (направленная вдоль сепаратора).



Гигантская солнечная вспышка (рентгеновский балл X17) 4 ноября 2003 г. Прекрасно видна длинная аркада вспышечных петель в короне. Изображение в линиях крайнего ультрафиолетового излучения 171 Å получено с помощью УФ-телескопа КА "TRACE".

пространственное распределение самых высоких температур во вспышке согласуются с предположением, что между источниками действительно находится пересоединяющий ВТТТС.

"ВТОРИЧНЫЕ" ЭФФЕКТЫ ПОД РАДУГОЙ

Постепенно охлаждаясь, сверхгорячая плазма становится видимой в более мягком рентгеновском излучении. В области, расположенной под сепаратором, она движется вниз и встречается с другой "горячей" (электронная температура меньше или порядка $3 \cdot 10^7$ K) плазмой, которая быстро течет вверх, из хромосферы в корону.

Причина этого вторичного (но не второстепенного) течения в том, что мощные потоки тепла и ускоренных частиц из ВТТТС быстро распространяются вдоль пересоединенных линий магнитного поля и моментально

нагревают хромосферу по обе стороны от фотосферной нейтральной линии. Так образуются пары вспышечных лент, наблюдаемые в видимых хромосферных линиях и УФ-линиях переходного слоя между короной и хромосферой. Нагретые до высоких температур верхние слои хромосферы "испаряются" в корону. Эффект быстрого расширения нагретой хромосферной плазмы в корону хорошо виден в рентгеновских лучах. "Хромосферное испарение" (так называют это явление) вместе с плазмой, вытекающей из токового слоя, порождает аркады вспышечных петель: длинные или короткие (как во вспышке 15 апреля 2002 г.).

Как уже отмечалось, в мягком рентгеновском и УФ-излучениях заключена значительная часть полной энергии вспышки, причем именно они воздействуют на верхние слои атмосферы Земли. Не удивительно, что ог-

ромные потоки этого же излучения воздействуют и на атмосферу Солнца (Земля и Вселенная, 1978, № 1): хромосферу и фотосферу, вызывая нагрев и дополнительную ионизацию солнечной плазмы. К сожалению, точности современных наблюдений пока не хватает для изучения столь тонких эффектов.

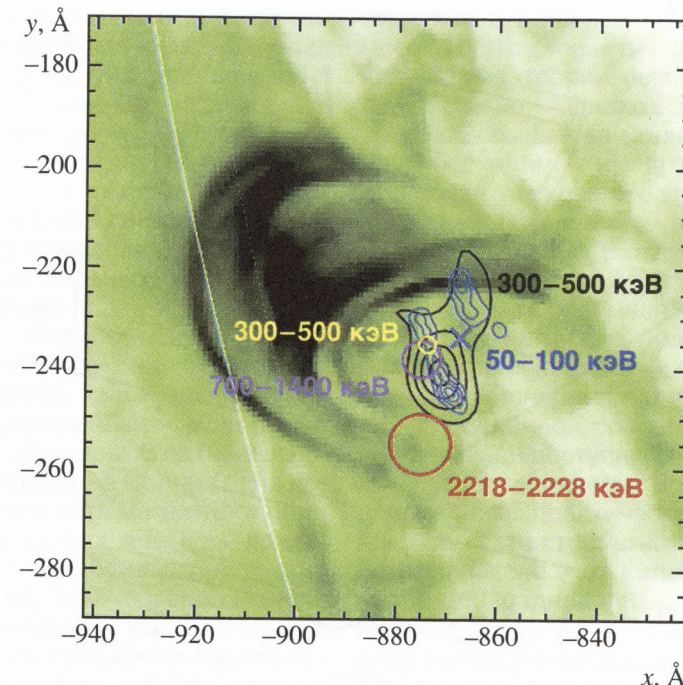
Изучение вторичных явлений имеет принципиальное значение для сравнения результатов теории вспышек с наблюдениями, поскольку видны больше всего именно следствия первичного энерговыделения: например, тормозное излучение ускоренных электронов в хромосфере делает вспышечные ленты видимыми в жестком рентгеновском излучении.

Оптическое излучение вспышки — часть сложного гидродинамического отклика хромосферы и фотосферы на импульсный нагрев мощными пучками заряженных частиц, потоками тепла и жесткого электромагнитного излучения. К сожалению, пока еще нет однозначных предсказаний теории, относящихся к оптическому излучению. Слишком сложна физическая картина "отклика". Успехи достигнуты лишь на пути

вспышка, зарегистрированная 23 июля 2003 г. Положительно и отрицательно заряженные частицы разных энергий выпадают из токового слоя в хромосферу в различных областях. Изображение получено в результате наложения снимков, сделанных КА "TRACE" и "RHESSI". Распределение зеленого фона дали УФ-наблюдения со спутника "TRACE" спустя 90 мин после вспышки; видны послевспышечные петли в короне (черный цвет).

численного моделирования импульсного нагрева хромосферы электронными пучками. Расчеты на ЭВМ вскрыли специфические особенности импульсной фазы вспышки: формирование ударных и тепловых волн большой амплитуды, отличие электронной температуры от ионной, мощное УФ-излучение в линиях переходного слоя. Однако в целом, даже в рамках столь ограниченной постановки задачи об отклике, предстоит еще многое сделать, чтобы обеспечить сравнение результатов расчетов и наблюдений.

Первые пространственные наблюдения гамма-излучения вспышек на космической обсерватории "RHESSI" показали, что ускоренные электроны и ускоренные ионы вторгаются в хромосферу в различных областях. Этот новый наблюдательный факт, хотя и требует дальнейшего детального изучения, в общих чертах согласуется с предположением о первичном ускорении частиц электрическим полем в пересоединяющем



ВТТТС. Положительно и отрицательно заряженные частицы ускоряются крупномасштабным электрическим полем в противоположные стороны и, соответственно, выпадают из токового слоя в хромосферу вдоль различных линий магнитного поля. Аккуратные теоретические расчеты эффекта, к сожалению, пока отсутствуют.

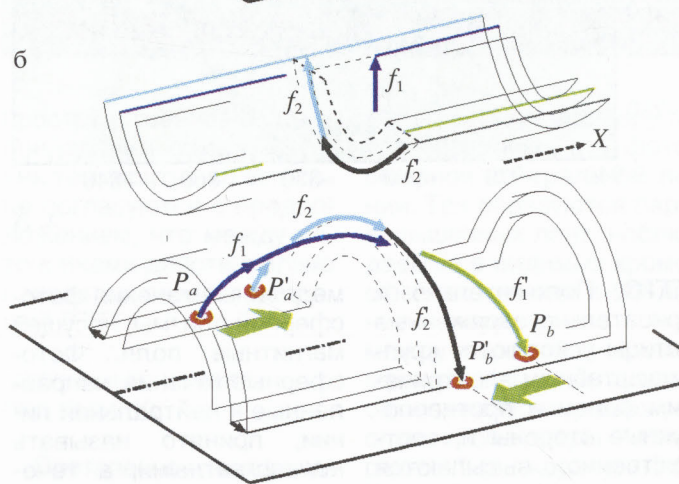
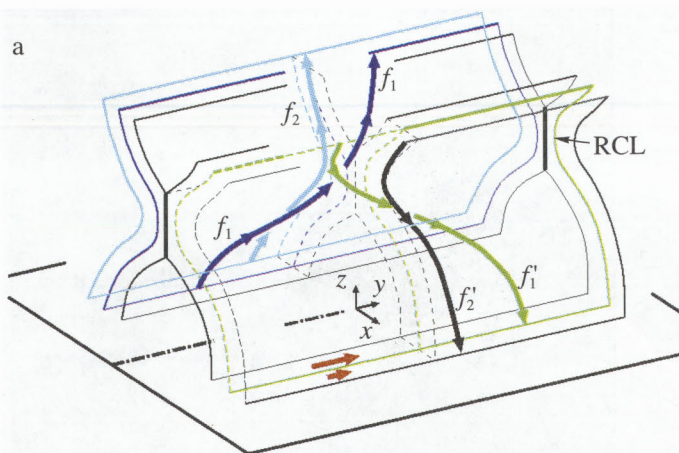
ПЕРЕД ВСПЫШКОЙ

Что предшествует вспышке? В какой момент времени она происходит? Рассмотрим эти вопросы на примере модели "Радуга", разрабатываемой в отделе физики Солнца ГАИШ МГУ.

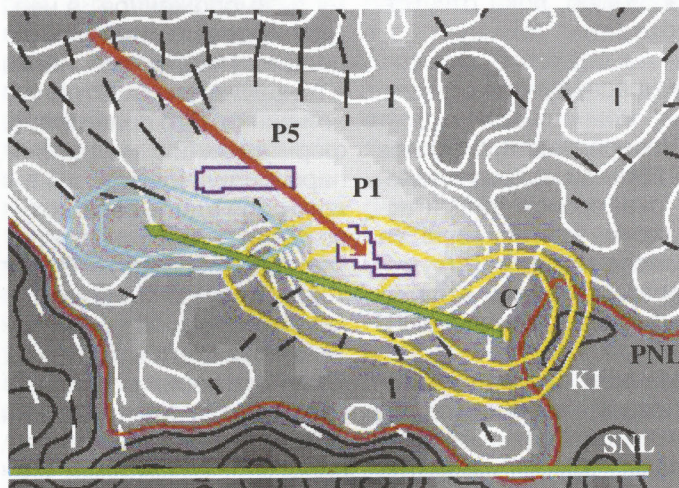
Начнем с процесса накопления энергии перед вспышкой. Главными факторами здесь являются

медленные течения фотосферной плазмы, несущей магнитные поля. Фотосферные течения, направленные к нейтральной линии, принято называть *конвергентными*, а течения вдоль нее называются *сдвиговыми*.

Очевидно, конвергентные течения стремятся сжать фотосферную плазму и "вмороженное" в нее (движущееся вместе с плазмой) магнитное поле в окрестности нейтральной линии. Это приводит к формированию медленно пересоединяющего токового слоя вдоль сепаратора. При этом магнитное поле приобретает избыток магнитной энергии токового слоя. Сдвиговые течения в фотосфере растягивают линии магнитного поля в короне в направлении, параллельном сепаратору. Суммарный из-



быток магнитной энергии в короне, создаваемый те-



Так выглядит магнитное поле перед вспышкой: а) магнитные линии f_1 и f_2 ближе всего расположены к токовому слою (RCL). Они пересоединяются первыми в начале вспышки; б) во время вспышки в момент быстрого пересоединения магнитного поля: f'_1 и f'_2 — новые пересоединенные магнитные линии; P_a и P_b — вспышечные ядра эмиссии. Их кажущиеся смещения показаны зелеными стрелками.

ной магнитной энергией. Именно она полностью или частично “освобождается” во время вспышки, точнее говоря, превращается из энергии поля в тепловую и кинетическую энергию частиц солнечной плазмы.

КАК ПРОИСХОДИТ ВСПЫШКА

В модели “Радуга” предполагается, что процесс быстрого пересоединения, то есть первичное энерговыделение во вспышке, начинается на сепараторе вблизи его вершины.

Вспышка (рентгеновский балл X5.7) 14 июля 2000 г. Показано положение наиболее яркого источника излучения K1 в диапазоне 53–93 кэВ, по данным жесткого рентгеновского телескопа HXT на спутнике “Yohkoh” в начале (желтые контуры) и в конце (голубые контуры) всплеска жесткого рентгеновского излучения. Зеленая стрелка — смещение центра излучения С за время всплеска порядка 20 с. Красной стрелкой показано движение самого большого солнечного пятна P1 в течение двух дней, предшествовавших вспышке. Оно складывается из двух частей: движение к упрощенной нейтральной линии SNL и движение вдоль нее.

В процессе пересоединения первой пары линий поля создается новая линия. При этом происходит быстрое превращение соответствующей порции энергии магнитного поля в энергию частиц плазмы. Ускоренные частицы за очень короткое время долетают вдоль пересоединенной линии поля к ее основаниям в хромосфере. Здесь они отдают свою энергию: тормозятся и нагревают хромосферную плазму, порождая пару “ярких точек”, называемых “вспышечные ядра эмиссии”.

Быстрое пересоединение следующей пары линий магнитного поля создает другую линию поля и новую пару ярких точек. А наблюдателю на Земле или на космической станции кажется, что оба вспышечных ядра движутся друг к другу.

Реально во вспышке в процессе пересоединения участвуют, разумеется, не две линии поля, а два магнитных потока, которые взаимодействуют между собой не в одной точке, а вдоль всего сепаратора. Поэтому пересоединение порождает не две яркие точки в хромосфере, а две вспышечные ленты.

Модель “Радуга” объясняет наличие в наблюдаемой картине вспышки двух эффектов. Во-первых, вспышечные ленты в ходе вспышки должны двигаться в противоположные стороны от фото-

сферной нейтральной линии. Во-вторых, наиболее яркие участки вспышечных лент могут двигаться навстречу друг другу, если освобождается магнитная энергия, накопленная за счет сдвиговых течений фотосферной плазмы, параллельных нейтральной линии.

Разумеется, реальные вспышки на Солнце не столь симметричны, как упрощенные модельные структуры. В активных областях на Солнце одна полярность магнитного поля в фотосфере, как правило, доминирует над другой. Тем не менее модель “Радуга” — хорошая основа для сравнения теории пересоединения при вспышках с современными многоволновыми их наблюдениями.

Во время вспышки происходит быстрая “релаксация стрессов” магнитного поля в короне. Подобно тому, как спусковой крючок освобождает сжатую пружину, пересоединение при вспышке обеспечивает быстрое превращение накопленного в активной области на Солнце избытка энергии поля в тепловую и кинетическую энергию частиц.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗУЧЕНИЯ ВСПЫШЕК

Изучение солнечных вспышек необходимо для создания научно обоснованного, надежного прогноза радиационной об-

становки в ближнем космосе. В этом практическая задача теории вспышек. Важно, однако, и другое. Вспышки на Солнце необходимо изучать для понимания различных вспышечных явлений в космической плазме. В отличие от вспышек на других звездах, а также многих других аналогичных (или кажущихся аналогичными) нестационарных явлений во Вселенной, солнечные вспышки доступны самому всестороннему исследованию практически во всем электромагнитном диапазоне — от километровых радиоволн до жестких гамма-лучей. Физика солнечных вспышек — своеобразный разрез через многие области современной физики: от кинетической теории плазмы до физики частиц высоких энергий.

Современные космические наблюдения позволяют видеть появление и развитие солнечной вспышки в УФ- и рентгеновских лучах с высоким пространственным, временным и спектральным разрешением. Огромный поток наблюдательных данных о вспышках и вызываемых ими явлениях в атмосфере Солнца, межпланетном пространстве, магнитосфере и атмосфере Земли дает возможность тщательно проверять все результаты теоретического и лабораторного моделирования вспышек.

Солнце в октябре – ноябре 2004 г.

В конце октября – начале ноября 2004 г. в очередной раз резко выросла вспышечная активность Солнца. За 12 дней в двух активных областях Северного полушария осуществилось восемь больших вспышек, из которых три – рентгеновского балла X. Пять из них произошли в долготном интервале максимального влияния на Землю, вызвав в околоземном космическом пространстве одну умеренную и две очень большие магнитные бури. Активность образования пятен на Солнце продолжала постепенно падать до начала третьей декады октября и затем возросла к середине первой декады ноября. Значения относительного числа солнечных пятен $W_{\text{окт}} = 48.4$ и $W_{\text{нояб}} = 43.7$. Напомним, что максимум текущего солнечного цикла наступил в апреле 2000 г. ($W_{\text{max}}^* = 121.7$, $F_{10\text{cm}}^* = 181$), вторичный максимум – в ноябре 2001 г. ($W^* = 115.6$, $F_{10\text{cm}}^* = 193.6$).

В октябре 2004 г. пятнообразовательная активность Солнца была низкой в первой половине месяца, причем 10 октября пятна на Солнце совсем отсутствовали. Затем число их стало постепенно возрастать и в по-

ход развития (за 96 месяцев) текущего 23-го цикла солнечной активности среди аналогичных циклов. W^* – сглаженные за 13 месяцев относительные числа солнечных пятен.

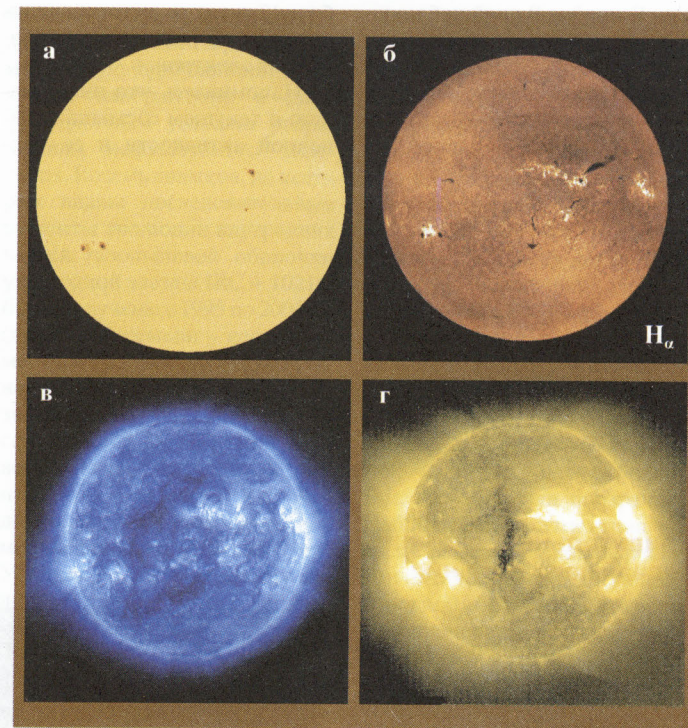
следнюю неделю октября почти достигло высокого уровня. Максимальное относительное число пятен ($W = 99$) отмечено **24 октября**, а минимальное ($W = 00$) – **10 октября**. На видимом диске Солнца постоянно наблюдалось от 2 до 8 групп солнечных пятен, среди которых одна большая – в Южном полушарии, но вспышек в ней не было. Вспышечная активность в конце октября связана с группой пятен в Северном полушарии Солнца. За 38 часов с 30 октября по 1 ноября в ней произошла одна вспышка балла X и семь – балла M, среди которых две большие. Следствие этой активности – протонное событие малой интенсивности в околоземном космическом пространстве и ряд внезапных ионосферных возмущений средней мощности. Всего за месяц на видимом диске Солнца зафиксированы: одна вспышка балла X, восемь вспышек балла M и один выброс солнечного волокна. Геомагнитная обстановка в основном оставалась слабо возмущенной. Возмущения наблюдались всего три дня, и 13 октября отмечена малая магнитная буря – следствие прохождения Земли высокоскоростного потока

солнечного ветра от приэкваториальной корональной дыры. На геостационарных орбитах 5 суток регистрировались сильные потоки высокоэнергичных электронов.

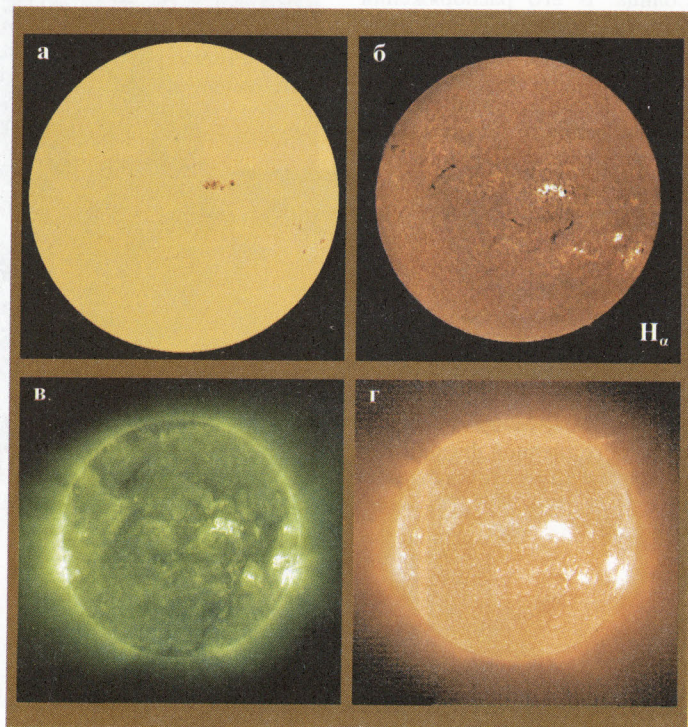
В первую декаду ноября пятнообразовательная активность Солнца оставалась повышенной, затем до конца месяца держалась на среднем уровне, отдельные дни опускаясь до низкого. Наименьшее число Вольфа ($W = 26$) было **21 ноября**, а наибольшее ($W = 76$) – **1 ноября**. С 3 ноября 2004 г. начался семидневный период значительной вспышечной активности еще одной группы пятен Северного полушария, зародившейся на видимом диске Солнца вблизи восточного лимба 1 ноября. Быстро развиваясь, она 6 ноября по размерам превосходила Землю в шесть раз. С 3 по 7 ноября в ней осуществились: одна вспышка балла X2.0 и восемь – балла M, среди которых четыре – большие (их рентгеновский балл превышал значение M5).

Большие вспышки 6 и 7 ноября произошли, когда активная область вышла в долготный интервал максимального влияния на Землю. Они сопровождались мощными выбросами

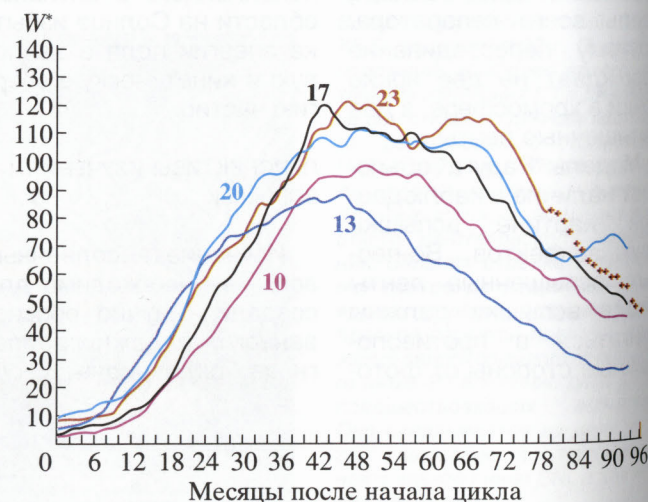
Вид Солнца 30 октября 2004 г.: а) в белом свете (непрерывном спектре); б) в самой сильной водородной линии видимой части солнечного спектра H α ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$); в, г) в линиях крайнего ультрафиолетового излучения $\lambda = 171 \text{ \AA}$, $284 \text{ \AA}$. Фото "SOHO".



ми вещества и вызвали две очень большие магнитные бури в окрестностях Земли 8–10 ноября. Высокоэнергичные заряженные частицы от этих вспышек породили в окрестности Земли протонное событие средней интенсивности, которое развивалось на фоне очень сильного геомагнитного возмущения. Это способствовало проникновению высокоэнергичных протонов на орбиту полета Международной космической станции и повышению радиационной опасности внутри магнитосферы. Второй период больших вспышек отмечен 9 ноября и продолжался 9 ч, за которые произошли две вспышки баллов M8.9 и X2.5. Однако в это время данная активная область уже вышла из долготного интервала влияния на Землю. Поэтому геомагнитное возмущение от этих вспышек достигло уровня лишь малой магнитной бури. Последняя вспышка породила в околоземном космическом пространстве протонное событие средней интенсивности. Всего за ноябрь произошло: две вспышки балла X, 12 – балла M и три выброса солнечных воло-



Вид Солнца 7 ноября 2004 г.: а) в белом свете (непрерывном спектре); б) в самой сильной водородной линии видимой части спектра H α ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$); в, г) в линиях крайнего ультрафиолетового излучения $\lambda = 195 \text{ \AA}$, $304 \text{ \AA}$. Фото "SOHO".



Источник снимков: Интернет, страницы Службы Солнца (www.sec.noaa.gov).

кон. В ноябре 9 дней наблюдалась возмущенная геомагнитная обстановка: зафиксированы одна малая, одна умеренная и две очень большие магнитные бури. На геостационарной ор-

бите 17 суток регистрировались сильные потоки высокоэнергичных электронов.

Напоминаем, что информацию о текущем состоянии солнечной активности и ее про-

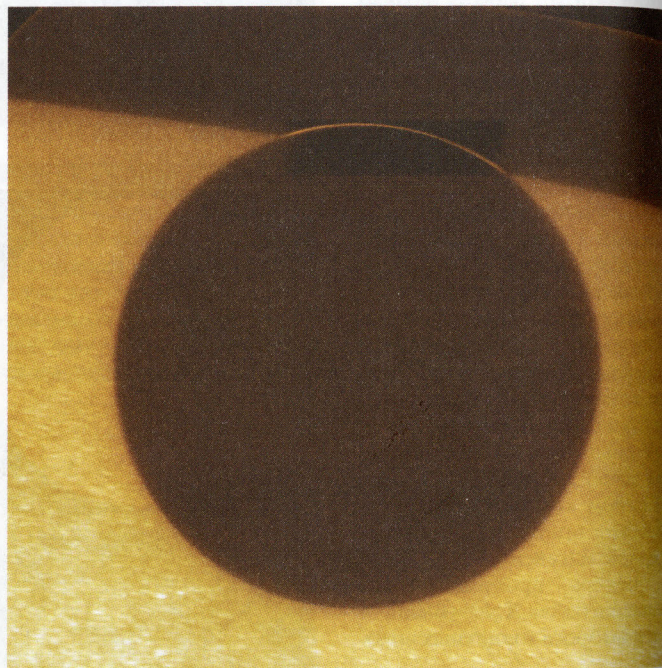
гноз на русском языке можно найти на сайте: <http://www.izmiran.rssi.ru/space/solar/forecast>

В.Н. Ишков
ИЗМИРАН

Информация

Удивительный снимок редчайшего явления

Эту фотографию сделал 8 июня 2004 г. шведский астроном Матс Лофдаль в конце прохождения Венеры по диску Солнца. В его распоряжении был 1-м солнечный телескоп (Швеция), расположенный на одном из Канарских островов – Ла Пальма. На яркой поверхности Солнца отчетливо виден силуэт Венеры. Заметна тонкая дуга вдоль края планеты, возникшая вследствие рефракции солнечного света в венерианской атмосфере. Дуга – часть светящегося атмосферного ореола, который впервые был замечен М.В. Ломоносовым при прохождении планеты по диску Солнца в 1761 г. (Земля и Вселенная, 2004, № 2). Фото Института солнечной физики Королевской Шведской академии наук.



Информация

Метаморфозы углеродной звезды

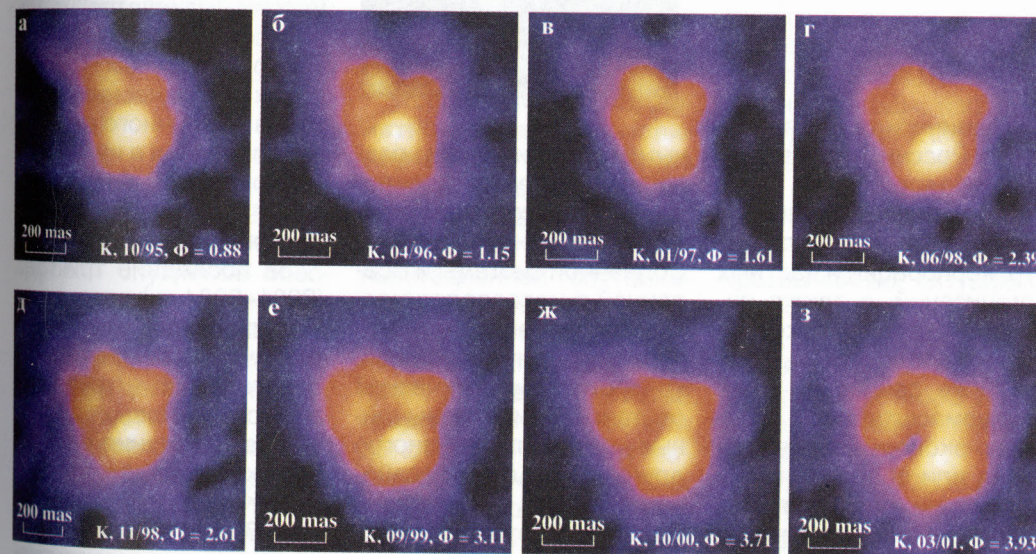
В течение пяти лет группа астрономов из Института радиоастрономии Макса Планка (Бонн, Германия) наблюдала звезду IRC + 10216 на 6-м телескопе Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук (САО РАН) на Северном Кавказе. Особый метод наблюдений – спекл-интерферометрия (Земля и Вселенная, 2003, № 6) – позволил им получить детальные изображения этой звезды в ближней инфракрасной области спектра (1–2.2 мкм) с угловым разрешением, достигающим 0.05". Этим методом реконструируются изображения из сотен коротких экспозиций, сделанных с помощью CCD (ПЗС)-камеры. Компьютерная обработка

большого объема таких данных позволяет компенсировать атмосферную турбулентцию и получать изображения с дифракционным угловым разрешением используемого телескопа. Восемь снимков, на которых видны последовательные моменты эволюции внутренних частей газопылевой оболочки углеродной звезды IRC + 10216, были получены с 1995 по 2001 гг. (интервал времени – несколько месяцев). Довольно неожиданно в этом объекте выявились значительные отклонения от сферической симметрии; с первого взгляда неясно даже, где находится сама звезда! Вид оболочки звезды неузнаваемо изменился всего за несколько лет. Угловое расстояние между наиболее яркими компонентами (А и В) увеличилось за это время почти в 2 раза – с 0.19" до 0.35". Причем изначально вторая по яркости компонента В стала почти невидимой, а слабые С и D стали ярче. Исследователи проанализировали имеющуюся информацию о звезде IRC + 10216, применив компью-

терное моделирование двумерного переноса излучения в околозвездной пылевой оболочке. Оказалось, что прямое излучение звезды приходит к нам не от самой яркой компоненты А, а из компоненты В, сейчас почти незаметной. Необычная, асимметричная форма изображений – результат поглощения и рассеяния излучения звезды в непрозрачной и неоднородной по плотности оболочке. Вопреки зрительному восприятию яркие компоненты изображений не соответствуют высокой плотности вещества в этих местах; напротив, блеск больше там, где оболочка прозрачнее. Наблюдаемые изменения во времени обусловлены вариациями оптической плотности неоднородной оболочки, которые, в свою очередь, вызваны увеличением скорости потери массы посредством звездного ветра и конденсацией в нем пыли, поглощающей излучение звезды.

Astronomy & Astrophysics, 2002, **392**, 131

Подготовил А.Б. Меньщиков



Последовательные этапы эволюции внутренних частей газопылевой оболочки углеродной звезды IRC + 10216.

Состояние и перспективы космической деятельности России

А. Н. ПЕРМИНОВ,
руководитель Федерального космического агентства

В статье рассматриваются основные направления развития отечественной космонавтики в рамках Федеральной космической программы до 2006 г. и некоторые перспективные задачи космической деятельности России до 2015 г.

СОВРЕМЕННАЯ
КОСМОНАВТИКА



Космическая деятельность России направлена на наиболее полное удовлетворение потребностей государственных структур, корпораций и частных организаций, а также населения страны в космических средствах и услугах. Уже сейчас ни одна крупномасштабная социально-экономическая, научная или оборонная программа не решается без использования космической техники, обеспечивающей единое информационное пространство страны точными навигацион-

ными координатами различных объектов, исследование солнечно-земных связей, небесных тел Солнечной системы и Вселенной, метеорологические наблюдения, мониторинг природных ресурсов, контроль экологической обстановки и чрезвычайных ситуаций и многое другое. В удаленных районах Севера, Сибири и Дальнего Востока роль космонавтики особенно велика.

Создание и эксплуатация космических средств

для обеспечения реализации направлений космической деятельности в период до 2006 г. осуществляется по действующей в настоящее время **Федеральной космической программе России на 2001–2005 гг.** (Земля и Вселенная, 2001, № 6). Космическая деятельность России базируется на использовании возможностей орбитальных группировок космических аппаратов различного целевого назначения в интересах национальной безопасности, социально-экономической сферы и науки.

За последние три года (2001–2004 гг.) достигнуто значительное улучшение технического состояния орбитальных группировок спутниковых систем за счет введения в их состав космических аппаратов (КА) новой разработки. В результате доля спутников, эксплуатируемых в пределах установленных гарантийных сроков, увеличилась с 21%

Дистанционное зондирование Земли, гидрометеорологические наблюдения, экологический мониторинг и контроль чрезвычайных ситуаций.

в 1999 г. до 48% в 2004 г. Состав орбитальной группировки спутников обеспечивает следующие возможности естественных космических средств по решению целевых задач.

В области **связи и телерадиовещания** российская спутниковая группировка в настоящее время осуществляет передачу двух центральных и четырех коммерческих телевизионных программ на всей территории России и в

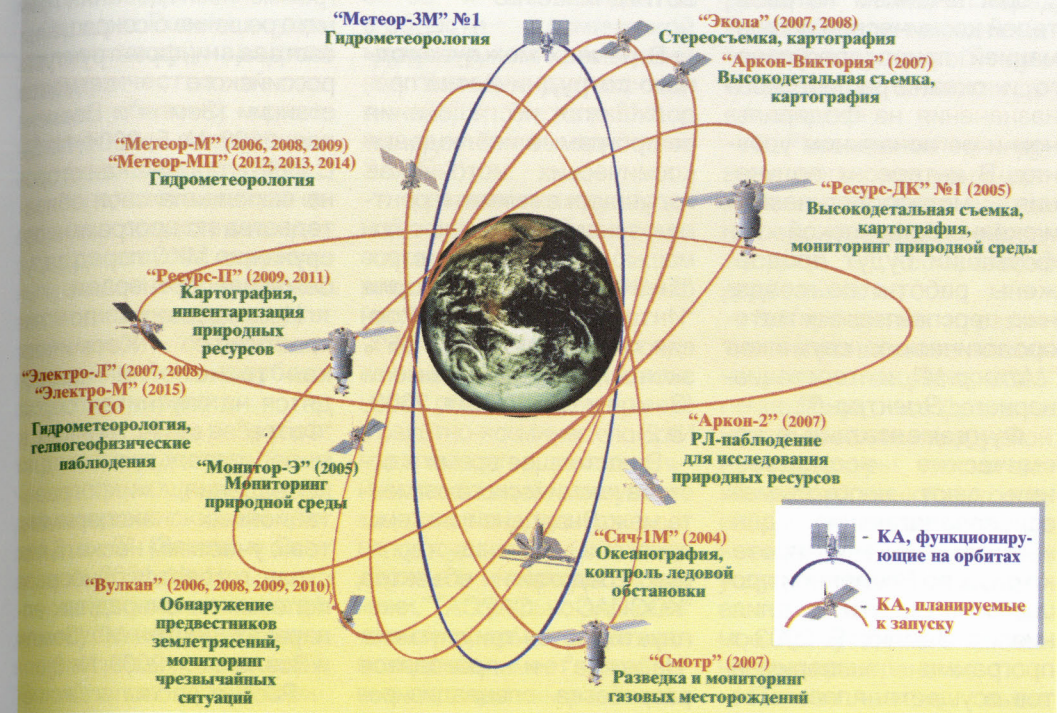
странах СНГ; международную, магистральную и зонную связь с подвижными объектами, правительственную связь.

Космическое **координатно-временное и навигационное обеспечение** в своей основе базируется на использовании отечественной глобальной навигационной спутниковой системы "Глонасс". Согласно федеральной целевой программе "Глонасс", к 2012 г. ее состав предполагается довести до штатного – 24 спутника, расположенных в трех плоскостях орбиты.

Российская космическая система **мониторинга окружающей среды** и дистанционного зондирования Земли предназна-

на для решения широкого спектра социально-экономических задач в таких областях, как сельское хозяйство, климатология и прогноз погоды, картография, рациональное землепользование, поиск полезных ископаемых, лесное хозяйство, контроль водных ресурсов, мониторинг чрезвычайных ситуаций и др. (Земля и Вселенная, 2004, № 5). В настоящее время продолжается эксплуатация метеорологического спутника "Метеор-3М" № 1.

В период до 2006 г. планируется завершить работы по подготовке к запускам ИСЗ "Монитор-Э", "Ресурс-ДК" и российско-украинского "Сич-1М", эксплуатация которых суще-



ственно улучшит ситуацию с обеспечением потребителей космической информацией природоресурсного и океанографического назначения на федеральном и региональном уровнях. В интересах получения метеорологической и океанографической информации будут продолжены работы по созданию перспективных метеорологических спутников "Метеор-М" и геостационарного "Электро-Л".

Фундаментальные космические исследования дают необходимые основополагающие данные для познания протекающих во Вселенной процессов и оценки их влияния на Землю. В 2003 г. программа экспериментов осуществлялась в основном в направлении изучения солнечно-земных связей и космологии с использованием российских спутников "Корона-С", а также аппаратуры регистрации гамма-всплесков "Конус-А", работающей в рамках проекта "Конус-Винд" (совместный проект с США). Получены значительные научные результаты, в частности во время вспышек на Солнце (Земля и Вселенная, 2002, № 6; 2004, № 5).

Продолжалось изучение Марса с его орбиты европейской АМС "Марс Экспресс", на борту орбитального модуля которой установлено 6 приборов, разработанных и изготовленных специалистами Института космических исследований РАН (Земля и Вселенная, 2004, №№ 1, 3, 6; 2005, № 1).

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

В рамках **международного сотрудничества** продолжают исследования по программе наблюдения космических источников излучения в гамма- и рентгеновском диапазоне с помощью космической астрофизической обсерватории "Интеграл" (ESA), где России предоставляется 25% экспозиционного времени (Земля и Вселенная, 2003, № 2).

В настоящее время в составе космического сегмента международной системы поиска и спасения терпящих бедствие объектов "КОСПАС – САРСАТ" эксплуатируются три спутника "Надежда" и проводится разработка специализированного малого космического аппарата "Стерх".

Отечественная **пилотируемая программа** с октября 2000 г. сосредоточена на развитии российского сегмента Международной космической станции (МКС). В соответствии с "Долгосрочной программой научно-прикладных исследований и экспериментов, планируемых на российском сегменте МКС" за период ее сборки и эксплуатации в интересах организации Российской академии наук, промышленности и других пользователей должны быть проведены около 300 экспериментов в широком спектре научных и прикладных направлений. В соответствии с возможностями финансирования за счет средств государственного бюджета и обеспечения наиболее

полной реализации программы исследований принято решение о сокращении состава инфраструктуры российского сегмента станции (Земля и Вселенная, 2003, № 5; 2004, № 5). С 1998 г. российская сторона выполнила свои обязательства по программе сотрудничества МКС перед зарубежными партнерами.

Исследования по направлению "**Космическая технология**" проводятся на спутниках серии "Фотон" – единственных в мире, используемых для проведения микрогравитационных экспериментов с участием нескольких стран; готовятся приборы к полетам на очередных аппаратах "Фотон-М" (Земля и Вселенная, 2003, № 6).

Россия располагает необходимыми **средствами выведения**, обеспечивающими запуск на околоземные орбиты с различными высотами и наклонениями КА массой от нескольких сотен килограммов до 20 т. Благодаря своей надежности и относительной дешевизне отечественные ракеты-носители успешно конкурируют с зарубежными на мировом рынке пусковых услуг. В настоящее время ведутся работы по модернизации эксплуатируемых и созданию перспективных средств выведения, в том числе с целью обеспечения гарантированного доступа в космос. Уже проходят летные испытания и готовятся к запуску новые ракеты-носители "Союз-2" (первый старт 8 ноября 2004 г. – прим. ред.), "Протон-М" (первый старт 7 апреля

2001 г. – прим. ред.) и семейство РН "Ангара".

Сегодня Россия осуществляет **международное сотрудничество** в различных областях космонавтики по следующим основным направлениям:

- использование отечественных средств выведения для запуска зарубежных полезных нагрузок, в том числе создание для этой цели совместных предприятий с зарубежными партнерами;

- совместная разработка ракетных двигателей, в частности мощных РД-180 для американских РН "Атлас-3 и -5" (Земля и Вселенная, 2001, № 1);

- поиск возможностей для осуществления запусков российских носителей "Союз" с околоэкваториальных космодромов (например, проект "Союз в Курю" (Земля и Вселенная, 2004, № 1);

- партнерство в создании Международной космической станции и проведении научных исследований и экспериментов на ее борту (Земля и Вселенная, 2004, № 3);

- реализация в рамках фундаментальных космических исследований проектов астрофизических обсерваторий "Спектр" ("Радиоастрон", "Спектр-УФ" и "Спектр-РГ") с широкой кооперацией зарубежных партнеров – ESA, DLR и NASA (Земля и Вселенная, 1997, № 2; 1999, № 2; 2000, № 4; 2001, № 4);

- участие в проекте европейской космической астрофизической обсерватории "Интеграл" (Земля и Вселенная, 2003, № 2);

- осуществление проектов и экспериментов в области космической медицины и биологии (КА "Бион") и метеорологии (ИСЗ "Метеор-3М" с американским прибором SAGE-3);

- развитие международной космической системы спасения терпящих бедствие "КОСПАС – САРСАТ" (спутники "Надежда").

Активная международная космическая деятельность обеспечивает приток в ракетно-космическую промышленность значительных инвестиций, стимулирующих ее развитие. Благодаря государственной поддержке в интересах экономики, социально-экономической сферы и науки космонавтика имеет устойчивые перспективы развития.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Следующий период космической деятельности связан с "**Федеральной космической программой России на 2006–2015 гг.**" (ФКП-2015) – важнейшего программного документа на ближайшее десятилетие, в значительной степени определяющего дальнейшую перспективу освоения космоса. Основная цель этой программы – удовлетворение растущих потребностей государственных структур, регионов страны, а также населения в космических средствах и услугах. Для достижения поставленной цели предусматривается решение следующих основных задач:

1. Расширение и повышение эффективности использования ракетно-ко-

смической техники для решения стоящих перед Россией задач в экономической, социальной, научной и других областях деятельности;

2. Расширение международного сотрудничества и выполнения взятых нашей страной обязательств в космической деятельности;

3. Укрепление и развитие национального космического потенциала, обеспечивающего создание и использование требуемой номенклатуры космических систем, конкурентоспособных на мировом рынке космических технологий и услуг, а также гарантированный доступ и необходимое присутствие в космическом пространстве.

Перечисленные выше задачи будут осуществляться с учетом основных приоритетных направлений космической деятельности, утвержденных Правительством Российской Федерации. В ходе реализации ФКП-2015 будут удовлетворяться потребности в информации научных школ страны в интересах прогноза и оперативного мониторинга "космической погоды", изучения планет и их спутников с целью расширения знаний о Земле и процессах, происходящих на ней, открытия принципиально новых источников энергии с использованием химических элементов, содержащихся в небесных телах Солнечной системы, предупреждения надвигающихся космических катастроф.

В настоящее время ФКП-2015 проходит экс-

Федеральная космическая программа России на 2006 – 2015 гг.

ЦЕЛЬ ПРОГРАММЫ

Удовлетворение растущих потребностей государственных структур, регионов, а также населения страны в космических средствах и услугах

ОСНОВЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Расширение и повышение эффективности использования космического пространства для решения стоящих перед Россией задач в экономической, социальной, научной, культурной и других областях деятельности

Расширение международного сотрудничества в области космоса и выполнение международных обязательств Российской Федерации в области ракетно-космической техники

Укрепление и развитие космического потенциала Российской Федерации, обеспечивающего создание и использование требуемой номенклатуры космических систем и комплексов, конкурентоспособных на мировом рынке космических технологий и услуг, а также гарантированный доступ и необходимое присутствие в космическом пространстве

Основные приоритетные направления космической деятельности России

Проведение мониторинга окружающей среды, контроль чрезвычайных ситуаций и экологических бедствий и обеспечение работ по ликвидации их последствий

Исследование природных ресурсов

Обеспечение глобальной связи и телевидения на всей территории Российской Федерации

Реализация международных соглашений в области фундаментальных космических исследований и создания Международной космической станции

Проведение фундаментальных научных исследований в области астрофизики, физики Солнца и солнечно-земных связей, изучения планет и малых тел Солнечной системы

Глобальное и высокоточное координатно-временное обеспечение потребителей в любой точке Земли в любой момент времени

Обеспечение космической геофизической, гидрометеорологической и гелиогеофизической информации экономики и обороны страны

Осуществление пилотируемых полетов

Отработка технологий производства в космосе новых материалов, высокочистых веществ

Создание научно-технического и технологического задела для разработки перспективной космической техники

пертизу. Предполагается ее утвердить в 2005 г., поэтому здесь мы не приводим конкретных данных, а названия ряда программ и сроки их реализации будут уточняться. Надеемся, что в ней останутся все основные направления космической деятельности и охват задач будет максимальным, особенно в области фундаментальных научных исследований в изучении солнечно-земных связей и Земли, а также других объектов Солнечной системы.

Выполнение намеченной программы позволит предоставить многим потребителям, в том числе и международным, современные передовые информационные и коммуникационные услуги, а также решить широкий спектр прикладных хозяйственных проблем в интересах российских и зарубежных заказчиков. В их числе:

- обеспечение поиска наиболее важных природных ресурсов (вода, нефть, газ и т.д.);
- мониторинг крупных природных и техногенных катастроф;
- обнаружение очагов лесных пожаров не позднее двух-четырех часов с момента их возгорания;
- обнаружение краткосрочных и долгосрочных процессов деградации природной среды;
- мониторинг предвестников землетрясений;
- контроль за состоянием трубопроводов;

- обнаружение плантаций наркосодержащих растений;
- контроль состояния посевов и прогноз урожая;
- контроль состояния лесных массивов;
- контроль застройки территорий и процесс урбанизации;
- инвентаризация и составление кадастров сельскохозяйственных земель, лесных угодий, шельфовых зон и других природных ресурсов;
- получение исходных материалов для прокладки транспортных и иных протяженных магистралей.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ КОСМОНАВТИКИ

В рамках **ключевых проектов** ФКП-2015 по фундаментальным исследованиям космоса ставится задача создания АМС и научных спутников нового поколения, обеспечивающих доставку образцов внеземного вещества на Землю (например, программа “Фобос-грунт”) и выведение в космос оборудования для углубленного изучения в различных диапазонах спектра небесных тел Солнечной системы, Солнца, космических лучей, галактических и внегалактических объектов. Делается упор на расширение нашего участия в международных проектах исследования Солнца и солнечно-земных связей, Марса, Венеры, Луны и других небесных тел Солнечной системы, а так-

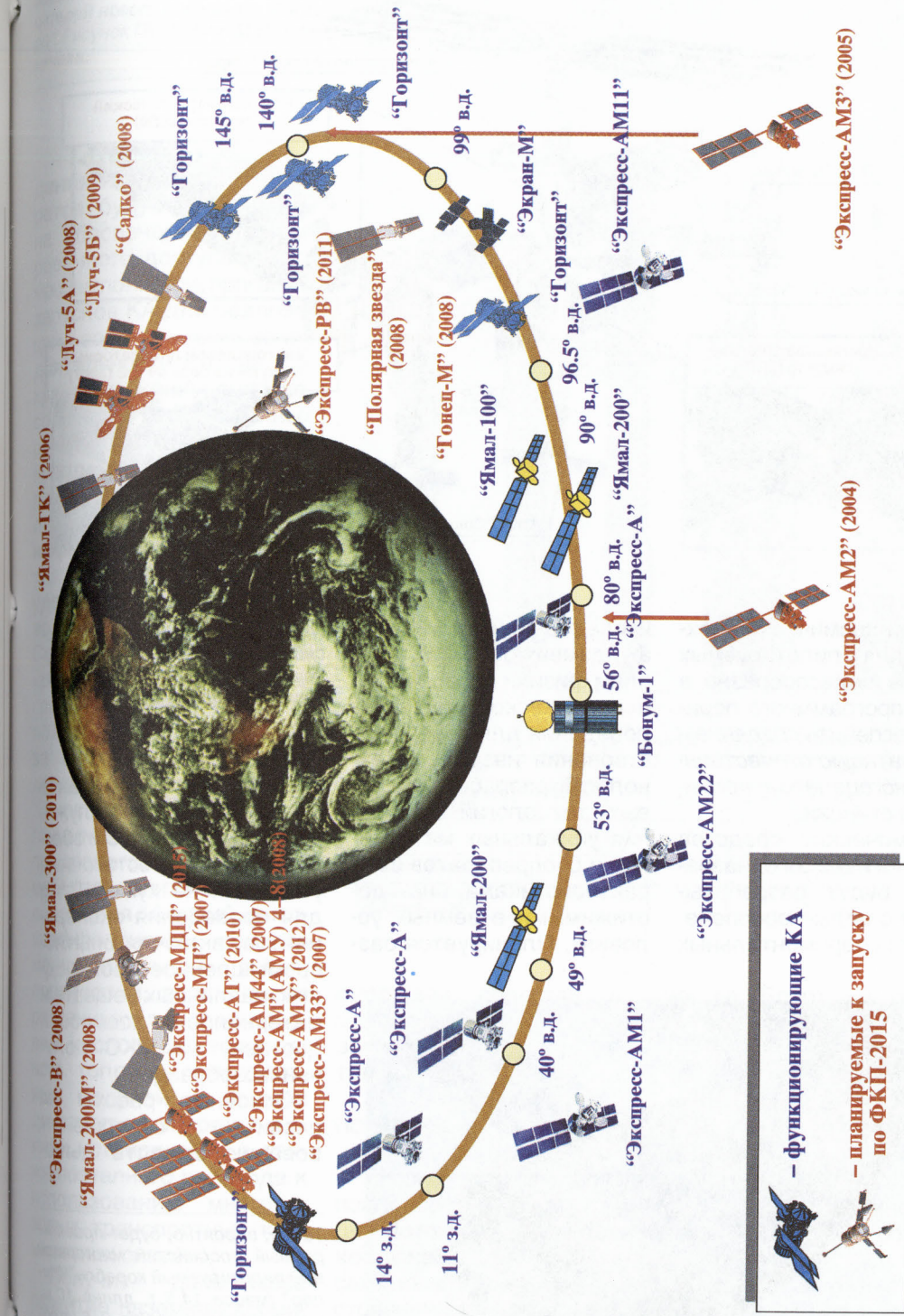
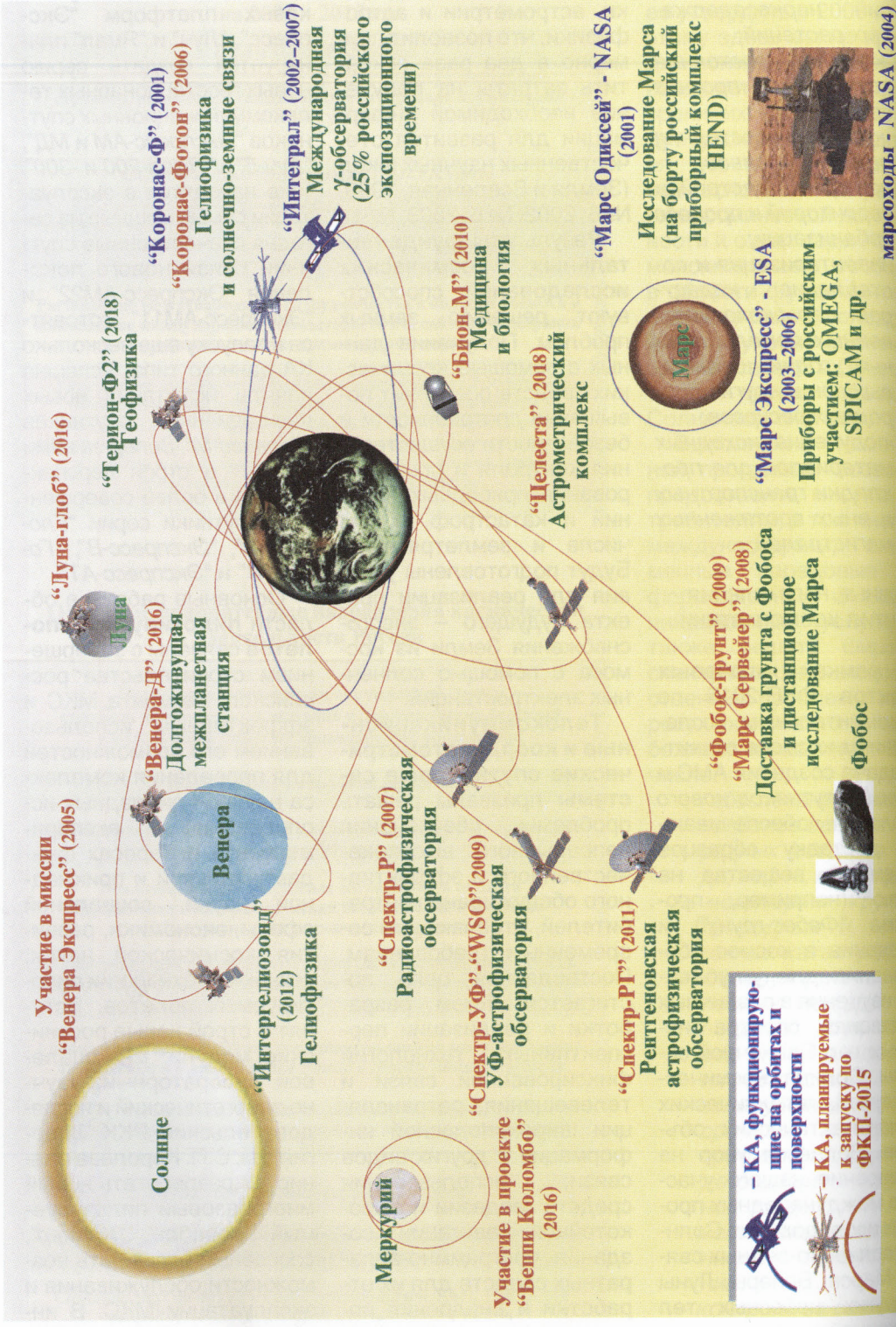
же в области гелиофизики, астрометрии и астрофизики, что позволит примерно в два раза сократить затраты на получение необходимой информации для развития отечественных научных школ (Земля и Вселенная, 1999, № 6; 2002, № 6; 2003, № 4).

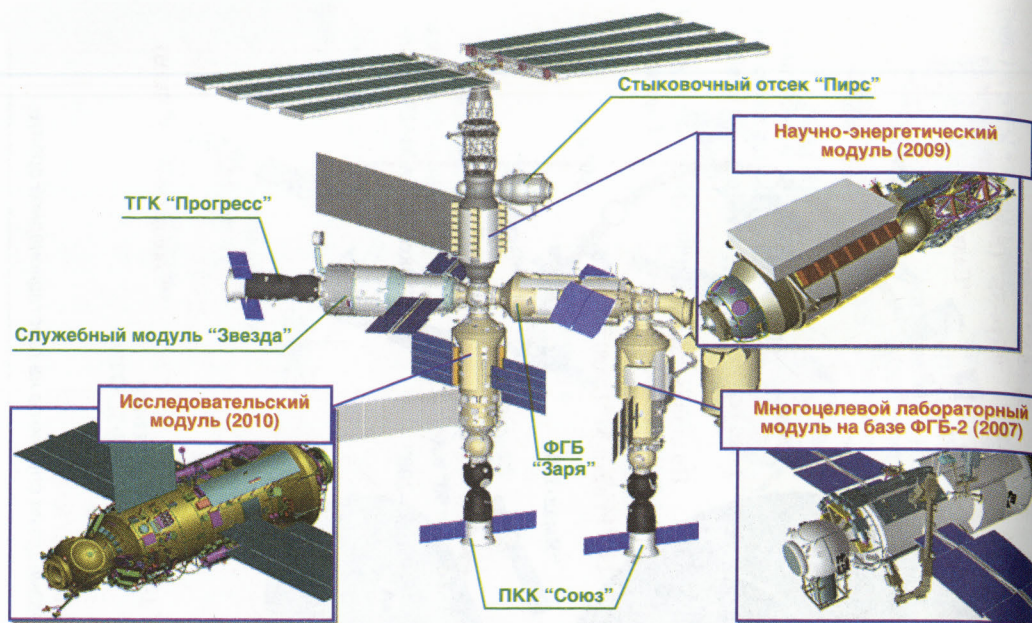
Результаты **фундаментальных космических исследований** способствуют решению земных проблем. Получение данных с помощью космических средств обеспечит повышение достоверности и безопасности осуществления контроля и прогнозирования природных явлений и катастроф, в том числе и землетрясений. Будут подготовлены условия для реализации проекта будущего – энергоснабжения Земли из космоса с помощью солнечных электростанций.

Телекоммуникационные и координатометрические спутниковые системы призваны решать проблемы обеспечения непрерывного высококачественного и эффективного обслуживания потребителей, отвечающего современным требованиям. Поставленная цель достигается путем разработки и реализации перспективных технологий фиксированной связи и телевидения; ретрансляции широкополосной информации и других видов связи; использования средств геодезии и высокоточной навигации; создания программно-аппаратных средств для их отработки и внедрения новых космических техно-

логий. На основе спутниковых платформ “Экспресс”, “Луч” и “Ямал” планируется создать серию новых геостационарных телекоммуникационных спутников “Экспресс-АМ и МД”, “Луч-5” и “Ямал-200 и -300”. Уже находятся в эксплуатации самые мощные на сегодня отечественные спутники связи нового поколения “Экспресс-АМ22” и “Экспресс-АМ11”, готовятся к запуску еще несколько КА данного типа. Успешно начаты испытания новых навигационных спутников “Глонасс-М”. Вслед за ними вступят в строй перспективные и более совершенные спутники серии “Глонасс-К”, “Экспресс-В”, “Гонец-М” и “Экспресс-АТ”.

Основные работы в области **пилотируемых полетов** связаны с завершением строительства российского сегмента МКС и эффективным использованием его возможностей для проведения комплексных научно-прикладных исследований и экспериментов в интересах фундаментальной и прикладной науки, социальной сферы, экономики, развития космической науки, техники и технологии пилотируемых полетов. Вступят в строй новые российские модули: многоцелевой лабораторный, научно-энергетический и исследовательский. РКК “Энергия” им. С.П. Королёва планирует разработать новый многоэтажный пилотируемый корабль “Клипер”, способный расширить возможности обслуживания и эксплуатации МКС. В интересах развития нацио-





нальной космической техники для пилотируемых полетов целесообразно в конце программного периода обеспечить создание и эксплуатацию отечественной многоцелевой космической станции.

Космические средства технологического назначения будут разрабатываться с целью обеспечения экспериментальных

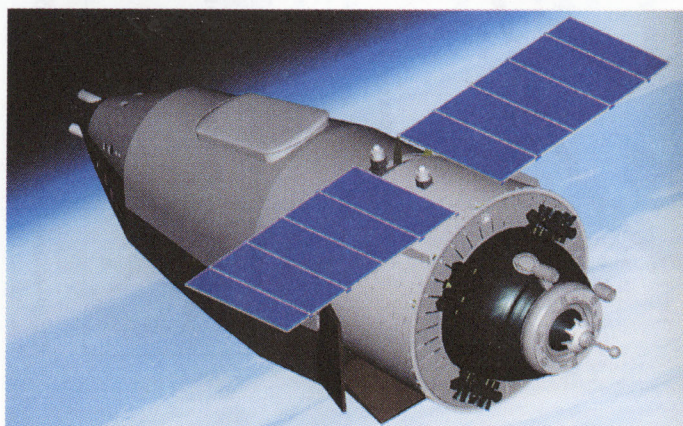
исследований в области фундаментальных проблем физики невесомости и космического материаловедения для совершенствования наземных технологий, разработки базовых технологий получения уникальных материалов и биопрепаратов с характеристиками, не достижимыми в земных условиях. Планируется раз-

Планы завершения сборки российского сегмента Международной космической станции с указанием ввода новых модулей.

работка и использование автономных КА, обслуживаемых с борта МКС и обеспечивающих остаточные ускорения не хуже $10^{-6} g$ для проведения экспериментов, включая опытно-промышленное производство различных веществ и материалов в космосе и доставку на МКС полученных образцов.

Основные работы по развитию и совершенствованию средств выве-

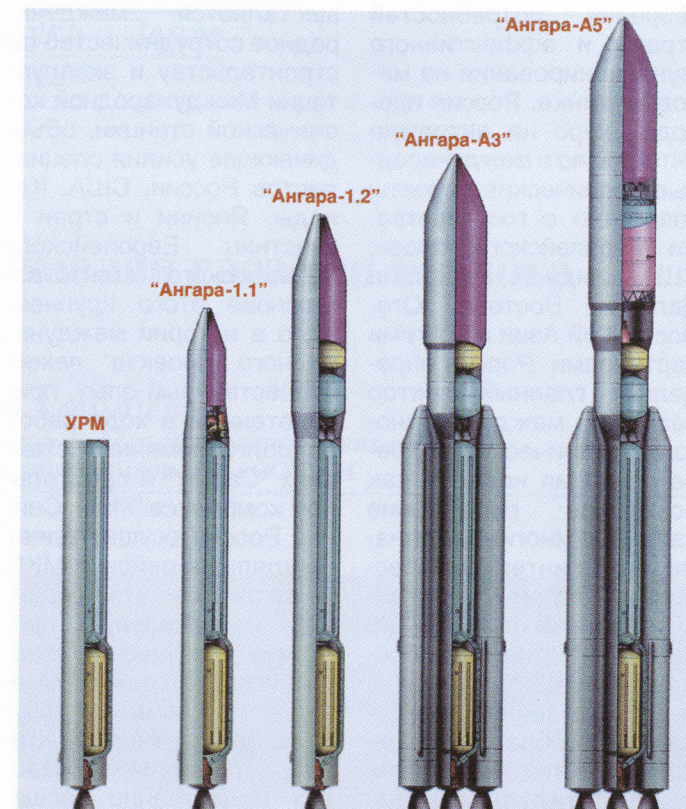
Таким, вероятно, будет проектируемый российский многоразовый пилотируемый корабль "Клипер" (масса 14,5 т, длина 10 м, численность экипажа 2-6 человек). Рисунок РКК "Энергия" им. С.П. Королёва.



Семейство российских одноразовых и многоразовых ракетополетов нового поколения "Ангара". Рисунок ГКНПЦ им. М.В. Хруничева.

дения космических аппаратов будут направлены на обеспечение гарантированного доступа в космос, выполнение программ запусков КА для реализации задач космической деятельности России, сохранение конкурентоспособности отечественных ракет-носителей и закрепление позиций на мировом рынке пусковых услуг путем повышения их надежности и безопасности, а также снижения удельной стоимости выведения КА в космос. Совершенствование и сокращение номенклатуры средств выведения предполагается обеспечить за счет завершения модернизации базовых РН "Союз", "Протон" и их разгонных блоков. ФКП-2015 предполагает создание семейства носителя нового поколения "Ангара", высокоэффективных средств межорбитальной транспортировки, в том числе разгонных блоков на основе кислородно-водородного топлива, транспортных модулей с новыми двигательно-энергетическими установками, а также поэтапного перехода к использованию многоразовых транспортных космических систем.

Получит дальнейшее развитие наземная космическая инфраструктура: фирмы-производители, ко-



Семейство одноразовых РН					
	УРМ	Ангара-1.1	Ангара-1.2	Ангара-A3	Ангара-A5
Стартовая масса, т	—	149	171	480	773
Грузоподъемность, т (H = 200 км, наклонение 63°)	—	2.0	3.7	14.0	24.5
Семейство многоразовых РН					
	УРМ	Ангара-1.1	Ангара-1.2	Ангара-A3	Ангара-A5
Стартовая масса, т	—	—	171	480	773
Грузоподъемность, т (H = 200 км, наклонение 63°)	—	—	3.5	13.5	23.75

сморомы, средства управления космическими аппаратами, экспериментальная стендовая база.

ПОЛИТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Россия планомерно и последовательно проводит политику в области космонавтики в интересах повышения благосостояния граждан, обеспечения устойчивого развития страны и всего челове-

чества. Благодаря огромному отечественному технологическому опыту и созданному космическому потенциалу мы способны самостоятельно выполнять крупные космические проекты и программы. Наша ракетно-космическая промышленность обеспечивает полный и замкнутый цикл — от разработки космических средств до получения результатов, требуемых для удовле-

творения потребностей страны и эффективного функционирования на мировом рынке. Россия проводит курс на активную интеграцию в международные космические проекты совместно с государствами Европейского союза, США, Индией, странами Дальнего Востока, Юго-Восточной Азии и другими партнерами. Россия определяет главный вектор развития международного сотрудничества в сфере освоения космоса как всемерное расширение связей со многими странами мира в интересах обеспечения устойчивого развития нашей страны и цивилизации (Земля и Вселенная, 2003, № 4).

Отечественная космонавтика обладает уникальным опытом в области пилотируемых полетов. К величайшим историческим достижениям относятся длительная эксплуатация орбитального комплекса "Мир" и рекордные по продолжительности полеты российских космонавтов, подтвердившие, что в космосе можно жить и работать (Земля и Вселенная, 2001, № 5). Освоение космического пространства человеком продолжается: осу-

ществляется международное сотрудничество по строительству и эксплуатации Международной космической станции, объединяющее усилия специалистов России, США, Канады, Японии и стран — участниц Европейского космического агентства. В основе этого крупнейшего в истории международного проекта лежит отечественный опыт, приобретенный в ходе работ на долговременных станциях "Салют" и орбитальном комплексе "Мир". Сейчас Россия осуществляет регулярные рейсы к МКС и реализует утвержденную национальную программу научно-прикладных исследований, совместные программы с зарубежными партнерами. Работы на борту МКС позволят существенно расширить горизонты знаний в области свойств космической среды, ее влияния на жизнедеятельность человека, обеспечат выполнение интереснейших экспериментов в области физики, биологии, медицины и других наук, создадут базу технологий и знаний для последующих длительных пилотируемых полетов, в том числе для марсианской экспедиции

(Земля и Вселенная, 1999, № 6).

Кроме того, добавятся такие направления совместной деятельности, как сохранение природной среды и управление ресурсами планеты, обеспечение глобальной безопасности с использованием космических средств, обеспечение защиты Земли от угроз космического характера (астероидно-кометная опасность; Земля и Вселенная, 2003, № 2). С помощью космических средств будет решаться также проблема борьбы с терроризмом.

Космонавтика как основной продукт мирового научно-технического прогресса стала его мощным двигателем, непрерывно передавая другим областям мирового хозяйства неоценимый по значению и беспрецедентный по объему поток новых материалов, технологий и научных разработок, внося значительный вклад в обеспечение устойчивого развития человечества (Земля и Вселенная, 2003, № 4). Такие тенденции сохранятся в ближайшие десятилетия, и все говорит о том, что они будут усиливаться.

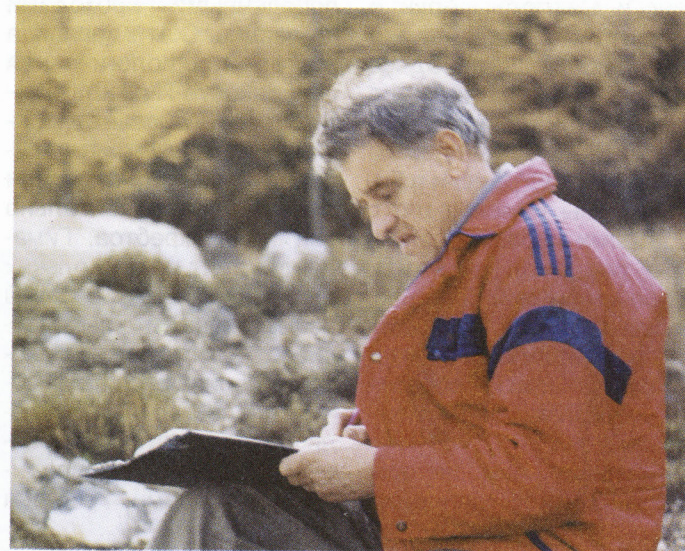
Горная система Гималаев — высочайшая на нашей планете. Это самое грандиозное тектоническое сооружение на поверхности Земли. Исследователя в Гималаях привлекает многообразие природных и социальных ситуаций: климатические парадоксы и гигантские ледники, особенностями жизни в высокогорьях и необычные религиозные верования, наконец, горы сами по себе, полные парадоксов и странностей. Очень сложны геолого-геоморфологическое устройство, механизмы горообразования и тектоническая жизнь этих гор.

СТРАННОСТИ ГОРНЫХ ГИГАНТОВ

Ряд параллельных хребтов в полосе шириной до 350 км протягивается с северо-запада к юго-востоку на расстоянии 2500 км. Над Индо-Гангской равниной Гима-

Гималаи глазами геолога

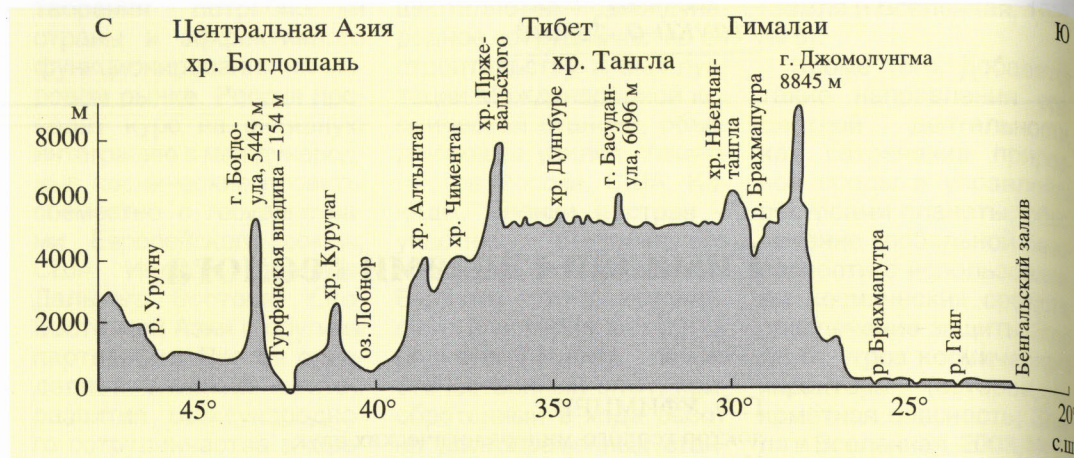
Г. Ф. УФИМЦЕВ,
доктор геолого-минералогических наук
Институт земной коры СО РАН



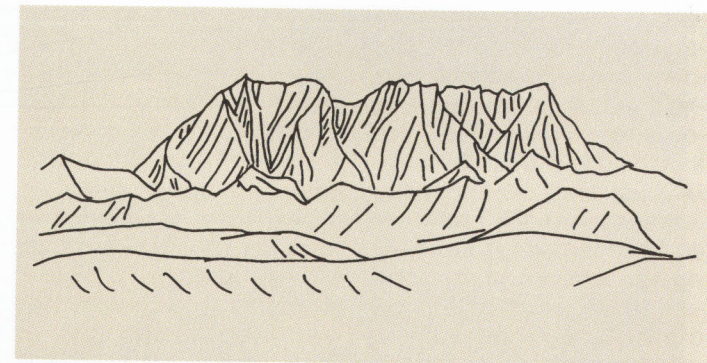
лаи возвышаются тремя ступенями. Первая — Сиваликские горы (Предгималаи), вторая — Малые (Низкие) Гималаи и третья — Большие (Высокие) Гималаи. Круто поднимаясь над долинами Инда и Ганга, горы плавно спускаются к Тибетскому нагорью на севере, и если стена Гималаев из долин Северной Индии кажется величественной и гранди-

озной, то со стороны Тибета выглядит как средневысотный горный хребет.

Первая бросающаяся в глаза при взгляде на общую географическую карту странность Гималаев заключается в том, что эти высочайшие на суше горы совершенно лишены водораздельной роли. С северо-запада и юго-востока они огибают соответственно Индом



Типичный горный массив – Гимал – в системе Гималаев (Канджероба Гимал, 5764 м). На переднем плане: характерная для Гималаев ступень, поднятая на 3–4,5 тыс. м, своеобразный тектонический пьедестал высокогорья. Рисунок автора (по фотографии).



пересечениях в районе долины Катманду. Сами Гималаи в целом также не могут быть отнесены к разряду больших горных хребтов, поскольку они

практически односкатны и располагаются на высочайшем на Земле скате цокольной поверхности, касательной минимальным отметкам рельефа. Перепад высот достигает 5 км.

В тектоническом отношении Гималаи – подобное Альпам **покровно-надвиговое сооружение**, в

структуре которого главную роль играют две надвиговые пластины – **аллохтоны** (с греч. – другая земля). Они перемещены по зонам Главного Пограничного и Главного Центрального надвигов и фрагментарно проявленного фронтального надвига, рассекающего неогенчетвертичные отложения Ин-

Единственный в Гималаях горизонтально вытянутый хребет Махабхарат, южнее г. Катманду (Непал). Образованный с участием вторичных складчатых деформаций, он выделяется среди непротяженных горных массивов – гималов. Фото автора (2003 г.).



и Цангпо-Брахмапутрой. Другие крупные реки – Ганг и Сатледж, Арун и Трисули – пересекают это горное сооружение. Здесь нельзя не видеть внешне странной аналогии с Уралом, тоже пересекаемым реками. И на Урале, и в Гималаях мы имеем дело с **шовными горами** различного типа (молодыми или возрожденными). Они располагаются на границах крупных геоблоков (литосферных плит), образуя своеобразные “швы” между ними.

Крупные реки, пересекая гигантское горное со-

оружие, лишают его монолитности и разделяют поперечными проходами на секции. С этим связана другая морфологическая особенность Гималаев – эта горная система практически не имеет, в отличие, скажем, от Алтая или Тянь-Шаня, горизонтально вытянутых хребтов. Гималаи состоят из нескольких непротяженных и порой изометричных горных массивов – “**гималов**”. Обычно они опираются на высокие пьедестальные ступени и разделяются поперечными долинами, или впадинами-проходами. Это одна

Профиль рельефа по меридиану 90° в.д. через Центральную Азию, Тибет и Гималаи (по А.М. Рябчикову, 1963 г.). Хорошо видно то особое положение, которое занимают в грандиозной горной системе Азии высокое плато Тибета и ограждающая его с юга цепь Гималаев.

из особенностей шовных гор. Лишь Махабхарат в Низких Гималаях с большой натяжкой может считаться горным хребтом, но и он двухскатен только на

Гималаи. С картины Н.К. Рериха (1941 г.).





до-Гангского передового прогиба. Несмотря на то что Гималаи принадлежат к молодому **Средиземноморскому подвижному поясу**, они в основном сложены древними метаморфическими комплексами, аналогичными таковым Индостанского полуострова. В сущности, Гималаи — это отколовшаяся и высоко поднятая часть **Индостанской платформы**, на которую лишь на севере, в Трансгималаях и отчасти в Высоких Гималаях, налегают палеозойские и мезозойские осадки “захлопнувшегося” **палеоокеана Тетис**.

Еще одна странность Гималаев состоит в том, что геологические и геоморфологические границы верхнего аллохтона

Главного Центрального надвига не совпадают между собой. В районе столицы Непала г. Катманду и юго-восточнее ее аллохтон этого надвига распространяется на всю ширину юго-западного ската Гималаев. А лобовой уступ молодой неотектонической составляющей Главного Центрального надвига располагается значительно севернее, ограничивая и пьедестальную ступень Высоких Гималаев. И снова мы видим странную картину: самые высочайшие выступы-гималы находятся в удалении от лобовой части надвига. В их быстрых и интенсивных молодых воздыманиях нужно искать иную причину. Ко всему этому следует добавить, что гималайское

В рассветных сумерках розовеют гималы Анапурна (слева) и Мачапучхар (в центре). Для них характерны скошенные вершинные поверхности, делающие их похожими на асимметричные гряды — куэсты. Фото автора (2003 г.).

горообразование практически укладывается в рамки четвертичного периода (1 млн. лет). Между новейшей тектоники и альпийской структурой Гималаев сосуществуют черты унаследованного развития, а также особенные ситуации, о которых мы будем говорить ниже.

МЕХАНИЗМЫ
ГООБРАЗОВАНИЯ

Понимание терминов
“**орогенез**” и “**горообра-**

зование” (лингвистически это синонимы) у геологов и геоморфологов различно. Возникновение и развитие горных сооружений познается благодаря применению в основном геоморфологических методов исследования. Изучая горообразование, мы листаем последние (кайнозойские) страницы геологической истории Земли. Орогенез — особый **тектонический процесс**, запечатленный в структуре земных недр определенными геологическими формациями. В нашем случае это отложения передовой части Индо-Гангского передового прогиба. Орогенные формации существуют в стратиграфических разрезах различных областей, где горы, поставившие в них грубообломочный материал, давно срезаны и превращены в плоские денудационные равнины типа зауральского **пенеплена** либо погребены под более молодыми отложениями.

В обширных возрожденных орогенических поясах Евразии широко проявлен **сводный, или даурский, новейший орогенез** — это длительные изостатические, сводообразные воздымания нагорий: Хэнтей и Хангай — в Китае, Восточный Саян, Сунтар-Хаята и Верхоянский хребет — в Восточной Сибири. Специфичен шовный, или уральский, новейший орогенез — глыбовое торошение на границах сближающихся геоблоков. Это сам Урал и горы на востоке России.

Можем ли мы говорить об особом **гималайском**

типе горообразования, учитывая уникальные особенности геологии этой горной системы? Видимо да, но с некоторыми оговорками. Дело в том, что в Гималаях в равной мере проявлен и складчатый, и покровно-надвиговый орогенез, и многие другие суммирующиеся процессы. Говоря об особом гималайском орогенезе, надо иметь в виду, что это сложный, **композиционный механизм** с несколькими составными элементами.

Структура тектонического рельефа Гималаев обладает, в первую очередь, продольной и поперечной делимостью, а ряд поперечных проходов разделяет горное сооружение на секции с общим однотипным строением, сменяющие друг друга по простиранию. Крупнейшие поперечные разломы (линеаменты) пересекают Гималаи, переходят на север и проникают на значительные расстояния в Южный Тибет, где с ними связаны рифтовые зоны растяжения в виде систем поперечных **грабенов** (вытянутых понижений) и сопровождающих их крупных глыбовых поднятий или блоковых полей. Формирование поперечных зон растяжения и в Гималаях, и в Тибете связано, видимо, с продольным “растеканием” горного сооружения в условиях горизонтального сжатия при сближении геоблоков (литосферных плит) Индостана и Евразии.

Поперечная делимость Гималаев определяется

последовательной сменой поперек их простирающихся определенных неотектонических форм. Южную прерывистую цепь составляют холмогорные и низкогорные массивы **Сивалика** (Предгималаев). Они как бы вырастают из плоской и низкой равнины предгорной части Индо-Гангского передового прогиба. Сивалик — это система узких и вытянутых антиклинальных складок, либо асимметричных гряд, косо выдвинутых на юг по фрагментам фронтального надвига.

Севернее располагается цепь **Низких Гималаев** — лобовая часть аллохтона Главного Пограничного надвига. На юго-запад фронт гор обращен в виде крутого уступа высотой до 1500 м и более. Это система глыбовых поднятий и высоких блоковых полей, приближающихся по высоте к 3 тыс. м.

Следующую на север полосу составляет срединная и среднегорная ступень (мидленд), в пределах которой располагаются небольшие межгорные впадины и Кашмирская долина, выровненные понижения и продольные отрезки долин главных гималайских рек. Однако высоты отдельных горных массивов здесь достигают 3 тыс. м и более и превышают таковые в Низких Гималаях. Ступень мидленда составляет тыловую неотектоническую часть аллохтона Главного Пограничного надвига, включая и “омертвевшую” часть аллохтона Главного Центрального разлома.



Гималы Манаслу (в центре) и Ганеш (вдали, справа), возвышающиеся над пьедестальной ступенью Гималаев. Рисунок автора, сделанный в сел. Горкхи.

Здесь господствует сложная блоковая морфотектоника.

Расположенная севернее (северо-западнее) полоса **Высоких Гималаев** — главная в неотектонической структуре горного сооружения — это, что называется, его “лицо”. Она включает в себя два основных элемента. Первый — высокие (5–8 тыс. м и более) горные массивы-гималы, изолированные друг от друга глубокими проходами и сменяющие друг друга по простиранию либо последовательно, либо кулисообразно. Второй — поднятая на 3–4.5 тыс. м и более ступень, являющаяся своеобразным **неотектоническим пьедесталом** высокогорных поднятий. С юга пьедестальная ступень Высоких Гималаев ограничена фронтальным, выпуклым в плане и в профиле уступом — это лобовая часть неотектонической составляющей Главного Центрального надвига. Сами высокогорные массивы-

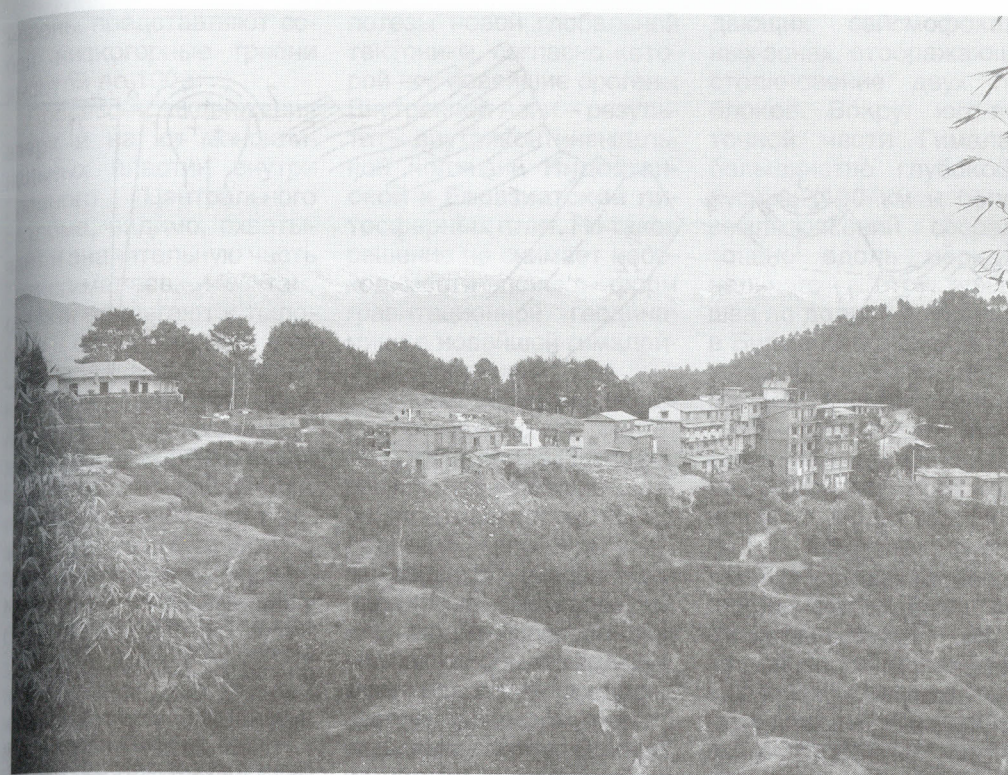
гималы удалены от выхода Главного Центрального надвига на 10 км и более. Морфологически они обычно представляют собой наклоненные на север куэстоподобные (асимметричные) блоки. Они сложены в подавляющем большинстве слоистыми и метаморфическими образованиями. Здесь геологическая и морфологическая структуры соответствуют друг другу.

Значительное удаление наиболее высокоподнятых гималов от выхода на поверхность зоны Главного Центрального надвига — одна из наиболее интересных особенностей новейшего гималайского горообразования. Другая — расположение Высоких Гималаев над основной и самой крутонаклонной частью ската цокольной поверхности. Здесь, как и в последнем случае, возможен сильный краевой **гравитационный эффект**. Его усиливает вес располагающихся на цокольном скате высочайших на земном шаре гор.

Крайнюю северо-восточную полосу горного сооружения составляют **Трансгималаи**. Это система разобщенных ступенчатых или наклоненных на север куэстоподобных поднятий. Они не образуют единых структурных ансамблей, за исключением полосы, прилегающей с юга к шовной долине-грабену Цангпо-Инда, и напоминают по форме высокогорные гималы.

Как ни далеко находятся Гималаи от Средиземного моря, они относятся к Средиземноморскому молодому подвижному поясу, представляя собой **южное крыло его Тибет-Гималайской секции**. На северной его окраине располагаются глыбово-сводовые (“гобийские”) цепи Куньлуня, Алтынтага, Наньшаня. На краях этого горного пояса заметны морфологические свидетельства сильнейшего горизонтального сжатия.

Что касается самого **Тибета**, то он представляет собой общее **цоколь-**



Лантаг Гимал, представляющий собой систему асимметричных (куэстообразных) гребней, образовавшихся в результате разрывающего действия рек на породы различной плотности. Фото автора (2003 г.).

ное поднятие, местами превышающее 5 тыс. м. На его фоне в Тибете господствует новейшая тектоника в форме разнородных блоковых полей, обретающих некоторую структурную организованность лишь в Южном Тибете. Здесь нет свидетельств сколько-нибудь значительного поперечного горизонтального сжатия литосферы. В Тибете преобладают общие и интенсивные изостатичес-

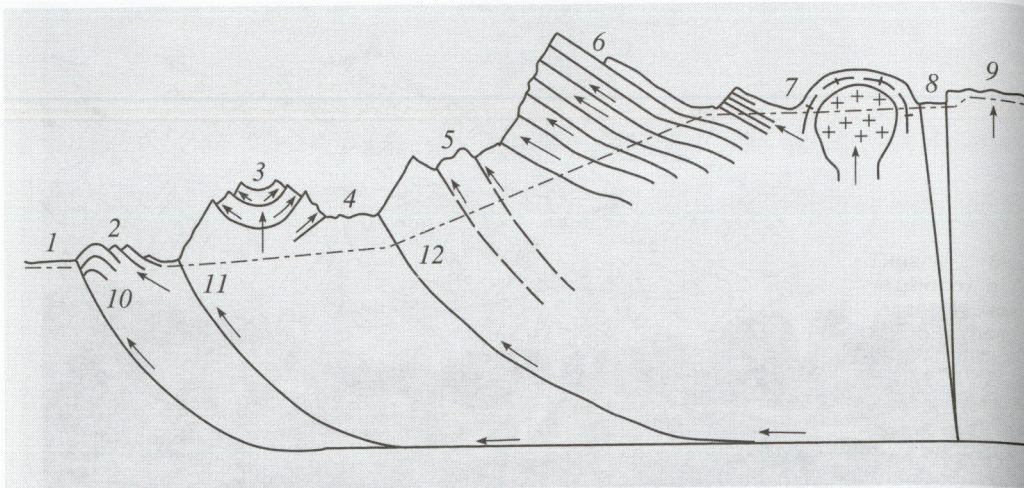
кие поднятия, обусловленные, видимо, “всплыванием” подлитосферной линзы расплавленной породы, хорошо изолированной от земной поверхности. Заметны единичные проявления **молодого вулканизма**.

НОВЕЙШИЙ ГИМАЛАЙСКИЙ ОРОГЕНЕЗ

Низкогорные массивы и холмы представляют собой нечто вроде передовых цепей-предгорьев Гималаев. Горный массив Сивалик в большей своей части — довольно крупное поднятие с крутыми для приповерхностного складкообразования склонами. Это в сокращенном виде полоса складчатых гор южного крыла Средизем-

номорского молодого подвижного пояса, ширина которой достигает сотен километров. За выдвинутым на юг плато полоса передовых складчатых форм резко расширяется, образуя гигантские складки с вертикальными осями — **ороклинали**, фиксирующие выдвинутость на север Индостанской платформы. А она вклинена в Средиземноморский молодой подвижный пояс более чем на 1000 км.

Юго-западный крутой уступ-склон Низких Гималаев — это фронт горного сооружения в целом. Воздымание хребта Махабхарат, видимо, обязано, прежде всего, косому выдвиганию на юг лобовой части аллохтона. Кроме того, здесь происходят



своеобразные "вторичные" складчатые деформации. При сильнейшем поперечном горизонтальном сжатии и вскрытии денудацией складок вторичное их образование обусловлено выдвиганием объемов недр в занятое атмосферой пространство. Именно такая ситуация наблюдается на северном склоне хребта Махабхарат в сторону долины Катманду, где эрозия привела к появлению на окончаниях боковых гребней пирамидальных, подобных клыкам, вершин-выступов.

Пьедестальная ступень Высоких Гималаев поднята на высоту от 3 до 5,5 тыс. м и более. Образование гималов напрямую не связано с Главным Центральным надвигом, они находятся внутри него. Возникает вопрос: каков механизм формирования высочайших выступов Гималаев? В ответе на него следует обратить внимание на следующие обстоятельства.

Во-первых, за редким исключением высокогорные массивы-гималы сложены метаморфическими породами или осадочными отложениями палеоокеана Тетис. В соответствии с наклоном на север обнаруживается перекося вершинных поверхностей гималов. Это хорошо видно, например, в системе Аннапурны и в центральной части Лантанг Гимала. Соотношения рельефа и разломной тектоники в Высоких Гималаях позволяют высказать предположение, что формирование высокогорных выступов-гималов в основном обеспечено выдвиганием на юг слоистых пакетов горных пород.

Выдвигание вверх и на юг слоистых моноклинальных пластин определяет формирование высоких и почти вертикальных южных стенок гималов. Далее приповерхностные части литосферы в условиях горизонтального сжатия уже в значительной мере сглаживаются экзогенными процессами.

Обобщенная схема новейшего гималайского орогенеза. Стрелки показывают направления тектонических перемещений, штрих-пунктирная линия отмечает положение цокольной поверхности. Важнейшие элементы рельефа: 1 – Индо-Гангский прогиб; 2 – Сивалик (Предгималаи); 3 – хр. Махабхарат; 4 – срединная ступень; 5 – пьедестальная ступень; 6 – Высокие Гималаи; 7 – Трансгималаи; 8 – Цангпо-Индская структура; 9 – Тибет. Главные гималайские разломы: 10 – Фронтальный; 11 – Пограничный; 12 – Центральный. Ни одна из горных систем Земли не имеет столь сложного композиционного строения.

На бортах, прорезывающих южные стенки гималов, происходят обрушения масс горных пород, что представляет опасность для альпинистских экспедиций. Большие объемы горных пород в Высоких Гималаях перемещаются из сферы **эндогенеза в сферу внешней тектоники**. Именно поэтому поверхности гималайских ледников почти сплошь покрыты каменным материалом, а их береговые

морены представляют собой низкогорные гребни высотой до 100 м.

Процесс выдвигания вверх и на юг моноклинальных пластин внутри Главного Центрального разлома, видимо, охватывает и значительную часть Трансгималаев. Но там, где они прилегают к тыловому структурному шву Цангпо-Инда, ситуация меняется: появляются куполообразные горные массивы с дробным внутренним эрозионным расчленением. Они образованы в результате изостатического "всплывания" или выжимания при горизонтальном сжатии верхних частей литосферы. В этих условиях формируется геологическая структура, устойчивая в гравитационном поле.

Сам же Цангпо-Индский структурный шов представляет собой в тектоническом рельефе надразломное понижение – долину-грабен, сопровождаемую узкими протяженными поднятиями – горстами. В новейшей гималайской орогении он играет роль **упора-контрфорса** в тыловой части полосы сильнейшего тектонического сжатия литосферы в Гималаях.

Наличие под Высокими Гималаями ската цокольной поверхности высотой более 4 тыс. м позволяет предполагать, что здесь возможно широкое проявление **гравитационной новейшей тектоники**. Раньше так и считалось, но сейчас геодинамика Гималаев по преимуществу рассматривается в рамках ги-

потезы новой глобальной тектоники, согласно которой все новейшие орогены Внутренней Азии – результат внутриконтинентальной коллизии **Индостанской и Евразийской литосферных плит**. Но такое решение не снимает необходимости поиска форм гравитационной геодинамики в новейшей гималайской орогении.

Таким образом, молодой гималайский орогенез, определивший максимальную на земном шаре контрастность высот рельефа, – по-видимому, самый сложный на нашей планете по набору элементов композиционный механизм. Он складывается из обширного комплекса процессов, в котором главенствуют покровно-надвиговый механизм, складчатые и постскладчатые деформации. Геологическая структура при этом существенно не меняется, экзогенные агенты – ледники и реки – выполняют гигантскую работу по разрушению и выносу материала, оказавшегося "лишним" в условиях поперечного горизонтального сжатия.

ГИМАЛАЙСКАЯ СЕЙСМИЧНОСТЬ

Вдавленность Индостана в Средиземноморский молодой подвижный пояс передает нам начальную информацию о молодых тектонических процессах в недрах этой части Евразии. Интенсивная **сейсмическая активность** локализуется во встречно па-

дающих сейсмофокальных зонах, отображающих столкновение двух геоблоков. Вокруг юго-восточной части Гималаев большинство глубокофокусных (100 км и более) землетрясений сосредоточено вдоль меридионального структурного шва по долине р. Иравади в Бирме либо южнее плато Шиллонг. Севернее Гималаев зафиксировано лишь одно такое землетрясение – вблизи г. Лхасы. Здесь сейсмофокальная зона уходит под Гималаи в пределах земной коры, обрисовывая клиновидный выступ Индостана, воздействующий своей массой на Тибет-Гималаи.

Гималаи созданы столкновением двух гигантских коромантийных геоблоков. Они насыщены тяжелыми массами, которые под Индостаном распространяются на глубину до 1500 км, а под Внутренней Азией и Сибирью залегают преимущественно на границе мантии с ядром Земли, вызывая некоторое прогибание его поверхности. Именно встречное смещение и столкновение этих коромантийных геоблоков, видимо, определяют новейшую геодинамику обширной горной области во Внутренней Азии. Гималаи представляют собой гигантский научный полигон для решения геолого-географических проблем горных областей Земли.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (02-05-64022).

Новая карта рельефа Марса

Ж.Ф. РОДИОНОВА,
кандидат физико-математических наук
Ю.А. ИЛЮХИНА
Государственный астрономический институт
им. П.К. Штернберга, МГУ



Наблюдения планет с помощью автоматических межпланетных станций (АМС) дают возможность составлять карты

ЭЛЛИПСОИД ВРАЩЕНИЯ
МАРСА

Новые представления о рельефе Красной планеты связаны не только с высокой точностью измерений (до нескольких метров), но главным образом с изменением уровня отсчета высот по сравнению с картами, составленными по данным АМС "Викинг-1" и "Викинг-2". Например, самая высокая гора Олимп стала на 6 км ниже — 21.2 км вместо 27, а Равнина Эллады — на 3 км глубже, чем на предыдущих картах. Глубина ее теперь дости-

их поверхностей с высокой точностью и детальностью. К настоящему времени АМС "Марс Глобал Сервейер" измерил высоты сотен миллионов точек на поверхности Марса, существенно изменив наше представление о рельефе этой планеты.

Два года назад авторами создана Гипсометрическая карта Марса по данным КА "Марс Гло-

бал Сервейер", любезно предоставленным американским Центром планетных данных (см. стр. 2 и 3 обложки).

вой горизонтали (Земля и Вселенная, 1985, № 4).

Новые высотные отметки отсчитываются от эквипотенциальной поверхности трехосного эллипсоида вращения со следующими параметрами:

- длина осей эллипсоида: $A = 3\,398\,627\text{ м}$ (1.0° с.ш., 72.4° в.д.); $B = 3\,393\,760\text{ м}$ (0° с.ш., 342.4° в.д.); $C = 3\,376\,200\text{ м}$ (89.0° с.ш., 252.4° в.д.);
- сжатие $1/169.8$;
- средний радиус $3\,389\,508\text{ м}$;
- средний экваториальный радиус $3\,396\,200\text{ м}$;



бал Сервейер", любезно предоставленным американским Центром планетных данных (см. стр. 2 и 3 обложки).

вой горизонтали (Земля и Вселенная, 1985, № 4).

Новые высотные отметки отсчитываются от эквипотенциальной поверхности трехосного эллипсоида вращения со следующими параметрами:

- длина осей эллипсоида: $A = 3\,398\,627\text{ м}$ (1.0° с.ш., 72.4° в.д.); $B = 3\,393\,760\text{ м}$ (0° с.ш., 342.4° в.д.); $C = 3\,376\,200\text{ м}$ (89.0° с.ш., 252.4° в.д.);
- сжатие $1/169.8$;
- средний радиус $3\,389\,508\text{ м}$;
- средний экваториальный радиус $3\,396\,200\text{ м}$;

- северный полярный радиус $3\,376\,189\text{ м}$;
- южный полярный радиус $3\,382\,580\text{ м}$.

Новая карта Марса выполнена методом послойной окраски ступеней высот (21 ступень) между горизонталями. До высоты 8 км сечение рельефа идет через 1 км. От 8 до 12 км — через 2 км. Выше 12 км цветом показана одна ступень с высотными отметками вершин.

Впоследствии карта была дополнена новыми названиями, а главное — такие формы рельефа, как горы, долины и кратеры показаны не только го-

ризонталями, но и методом "светотени", то есть объемно.

НАЗВАНИЯ НА СОВРЕМЕННЫХ
КАРТАХ МАРСА

Снимки Марса, полученные АМС "Марс Глобал Сервейер", позволяют различать детали на поверхности Марса размером в десятки метров. На современных картах Марса параллельно с номенклатурой деталей альбедо (темных и светлых областей) появилась номенклатура для обозначения форм рельефа поверхности Марса, выявленных по космическим

снимкам. Была создана рабочая группа МАС по марсианской номенклатуре, которая разработала общие положения по наименованию различных форм рельефа и предложила разделить всю поверхность Марса на 30 участков, соответствующих 30 листам карты масштаба 1:50000000. Каждому району и листу карты было решено давать название наиболее крупной детали альбедо, расположенной в его пределах. Названия получили такие формы рельефа, как борозды, долины, равнины, горы и другие образования.

Таблица 1

ФОРМЫ РЕЛЬЕФА, ВСТРЕЧАЮЩИЕСЯ НА МАРСЕ

Термин		Пояснение к термину
Латинский (ед./мн. число)	Русский	
Catena/Catena	Цепочка	Цепочка кратеров
Cavus/Cavi	Котловина	Крутосклонная депрессия ¹ неправильной формы
Chaos	Хаос	Характерный район разрушенного рельефа
Chasma/Chasmata	Каньон	Глубокая крутосклонная линейная депрессия
Collis/Colles	Холм	Небольшая округлая возвышенность
Dorsum/Dorsa	Гряда	Линейная возвышенность неправильной формы
Fossa/Fossae	Борозда	Длинная узкая неглубокая линейная депрессия
Labyrinthus/Labyrinthi	Лабиринт	Комплекс пересекающихся долин (каньонов)
Mensa/Mensae	Столовая гора	Плосковершинные возвышенности с обрывистыми краями
Mons/Montes	Гора	Крупная возвышенность рельефа или цепь возвышенностей
Patera/Paterae	Патера	Кратер неправильной формы или сложный кратер с фестончатыми краями
Planitia/Planitiae	Равнина	Ровная низменная область
Planum/Plana	Плато	Ровная возвышенная область
Rupes	Уступ	Уступо- или обрывообразная форма
Scopulus/Scopuli	Ступень	Сложный уступ фестончатой или очень нерегулярной формы
Sulcus/Sulci	Рытвины	Сложный район субпараллельных борозд и гряд (напоминающий свежеспаханное поле)
Terra/Terrae	Земля	Область с пересеченным рельефом, обычно обширная возвышенность
Tholus/Tholi	Купол	Отдельная небольшая куполовидная гора или холм
Vallis/Valles	Долина	Извилистая ложбина, часто имеет притоки
Vastitas	Великая равнина	Обширная по площади равнина

¹ Понижение рельефа.

На современных картах Марса наряду с новыми наименованиями, присвоенными формам рельефа, выявленным по космическим снимкам, используются старые географические и мифологические названия, предложенные итальянским астрономом **Джованни Скиапарелли**. Самая крупная возвышенная область получила название *Фарсида* (так на древних картах назывался Иран), а огромная кольцевая депрессия на юге диаметром более 2000 км названа *Элладой* (Греция).

Сильно кратерированные участки поверхности именуются: *Земля Прометей*, *Земля Ноя* и т.п. Долинам присвоены названия планеты Марс на языках разных народов. Например, *Долина Храт* — означает Марс на армянском языке, а *Долина Маадим* — на иврите. Исключение из этого правила сделали для гигантских *Долин Маринера*, названных в честь успешного фотографирования всей поверхности Марса КА "Маринер-9". Меньшие по протяженности долины называют именами рек

земного шара. На картах XIX в. были такие названия, как *Арсия* — классическое альбедное образование. *Япигия* — древнее название итальянской провинции Апулии. *Аэрия* — греческое название "далекой страны за туманами". *Ацидалийское море* — по аналогии с Ацидалийским источником, где Афродита купалась вместе с грациями. *Залив Жемчужный* — по имени полуострова Индостан, где добывают жемчуг. На современных картах некоторые из этих названий не встречаются.

Таблица II

КРУПНЫЕ ФОРМЫ МАРСИАНСКОГО РЕЛЬЕФА

Название	Форма рельефа	Широта, град.	Долгота, град.	Пояснение к названию
Авроры	плато	-9/-13	44/52	Богиня утренней зари
Амазония	равнина	+5/+35	150/170	Страна амазонок
Аментес	борозды	+7/+35	253/258	Подземное царство (егип.)
Альба	патера	+40	110	Белая полоса (греч.)
Аонид	земля	-30/-65	60/120	Аониды — музы, соперницы сирен
Аравия	земля	-5/+40	300/350	Древняя страна, граничащая с Эрией (Египет)
Аргир	равнина	-45/-57	32/55	Легендарная страна серебра
Аркадия	равнина	+35/+55	130/180	Гористая часть Пелопоннеса, в древности прославленная как счастливая страна
Аскрийская	гора	+12	104	Город Аскра — родина Гесиода
Ацидалийская	равнина	+35/+55	0/40	Ацидалийский источник — место купания Афродиты и граций
Ахерон	цепочка	+35/+42	97/103	Река подземного царства
Большой Сирт	плато	0/+20	280/300	Обширный залив в Средиземном море у берегов Ливии
Геллеспонтские	горы	-40/-50	311/318	По греческому названию пролива Дарданеллы
Гесперия	плато	-10/-35	240/260	Страна античного мира на крайнем западе, где жили нимфы — хранительницы золотых яблок
Гидаспы	хаос	+1/+4	25/30	Древние названия современных рек в Пакистане
Гидраот	хаос	0/+3	32/37	
Дейтеронил	столовые горы	+42/+47	328/346	Означает — другой Нил
Жемчужная	земля	-5/-25	10/40	Темная область, похожая на полуостров Индостан, где добывают жемчуг

Таблица II. Продолжение

Название	Форма рельефа	Широта, град.	Долгота, град.	Пояснение к названию
Икария	плато	-40/-50	100/110	Икар — сын Дедала
Кандор	каньон	-4/-9	64/78	Белизна, сияние (греч.)
Керавнский	купол	+24	-97	Керавни (удар грома) — город на побережье Эпира (Греция)
Кидония	столовые горы	+33/+43	8/18	Город на о. Крит
Киммерийская	земля	-20/-50	185/215	Киммерийцы — народ, обитавший далеко на севере (древнегреч.)
Кларитас	борозды	-12/-32	100/108	Ясность, блеск (лат.)
Копрат	каньон	-11/-15	52/68	Старинное название реки Аб И-Дец (Персия)
Ксанфа	земля	-13/+20	15/65	Золотисто-желтая страна (греч.)
Ливия	горы	0/+5	260/280	Древнее название Африки
Лунное	плато	0/+20	58/75	Название связано с мифическими лунными горами
Мемнония	борозды	-15/-22	140/158	В честь легендарного царя Эфиопии
Меридиана	земля	+10/-10	350/10	Имеет вид темного образования возле нулевого меридиана
Непентес	столовые горы	+8/+15	230/255	Египетское лекарство, смягчавшее горе
Нереид	горы	-38/-48	29/57	Нереиды — дочери морского бога Нерея
Нилокер	ступень	+32/+40	50/62	Рукав Нила, буквально Нильский рог
Нилосирт	столовые горы	+28/+37	278/300	Буквально Нильская отмель
Ноя	Земля	-15/-83	320/15	По имени библейского Ноя
Олимп	гора	+18	133	Гора в Греции, обитель богов
Оига	уступ	-33/-35	53/55	Оиг — мифический основатель греческого города Фивы
Офир	плато	-5/-13	55/64	Библейская страна, богатая золотом и камнями
Павлина	гора	+1	113	Павлин — созвездие Южного неба
Прометей	земля	-30/-65	240/280	Титан, даровавший людям огонь вопреки воле Зевса
Протонил	столовые горы	+38/+49	300/322	Восточная ветвь Нила
Сабеиская	земля	-5/-25	320/350	Саба — древнее название Красного моря
Синай	плато	-8/-20	70/97	Египетский полуостров на границе с Палестиной
Сирен	земля	-30/-75	120/180	Сирены — мифические существа, заманивающие своим чудесным пением моряков в опасные места
Сирия	плато	-8/-20	97/110	"Счастливый" остров, упоминаемый в Одиссее
Тавмасия	борозды	-38/-56	80/100	Бог облаков и небесных явлений
Темпе	земля	+24/+54	51/93	Греческое название всякой живописной долины
Титона	каньон	-4/-6	80/90	Титон — муж богини Эос
Утопия	равнина	+35/+55	210/280	Сказочный остров в произведении Т. Мора
Фарсида	горы	-12/+16	101/125	Фарсида — одна из провинций Ирана
Флегра	горы	+31/+51	194/200	"Огненная равнина", на которой Зевс поразил молнией восставших гигантов
Харит	горы	-50/-59	27/60	В честь греческих богинь красоты
Хриса	равнина	+15/+30	35/52	Хрис — мифический остров золота

Таблица II. Окончание

Название	Форма рельефа	Широта, град.	Долгота, град.	Пояснение к названию
Цербера	уступы	+6/+11	186/206	Цербер — мифический трехглавый пес, встречающий души умерших у входа в подземное царство
Эвменид	гряда	0/+10	150/158	В честь греческих богинь мщения
Эллада	равнина	-30/-55	275/320	Древнее название Греции
Элизий	равнина	-5/+30	195/250	Страна блаженства на западном краю мира
Эос	каньон	-10/-17	36/52	Богиня утренней зари (греческая мифология)
Эридания	ступень	-47/-60	208/235	Древнее название реки По (Италия)
Ювенты	каньон	+1/-6	60/63	Мифический источник юности в Индии

Многие из этих названий объяснены в статье Д.Я. Мартынова (Земля и Вселенная, 1974, № 3), а также в книге Г.А. Бурбы "Номенклатура деталей рельефа Марса" (М.: Наука, 1981).

Планетоцентрическая долгота Марса измеряется к западу от нулевого меридиана (от 0 до 360°), который проходит через маленький кратер *Эйри-0* (диаметр 0.5 км), находящийся на дне кратера *Эйри* диаметром 56 км, названный в честь английского астронома Джорджа Эйри (1801–1891), директора Гринвичской обсерватории, члена-корреспондента Петербургской Академии наук. Имя немецкого астронома Г. Мёллера, который предложил вести отсчет долгот на Марсе от четкой темной детали на экваторе планеты, присвоено кратеру, расположенному вблизи нулевого меридиана.

Крупные кратеры названы в честь ученых (посмертно), внесших вклад в изучение Марса. Этим была продолжена традиция астрономов XIX века. Например, четыре круп-

нейших кратера диаметрами более 400 км названы в честь *Х. Гюйгенса*, *Дж. Кассини*, *Дж. Скиапарелли* и *Е. Антониади* — пионеров телескопических наблюдений Марса. В районе, прилегающем к Плато Большой Сирт, названия кратеров связаны с астрономами, делавшими зарисовки деталей на поверхности Марса. По их наблюдениям составлялись карты. Западнее, в районе *Земли Аравия*, кратеры носят имена французских ученых. Среди них есть как астрономы, известные своими визуальными, фотометрическими и полириметрическими наблюдениями Марса, так и физики — первооткрыватели радиоактивности — *А. Беккерель*, *П. Кюри* и *М. Склодовская-Кюри*. Здесь же находится кратер, названный в честь английского физика *Э. Резерфорда*. Западнее, в области *Земли Темпе*, кратеры названы в честь советских астрономов, занимавшихся фотометрическими исследованиями Марса: *Н. Барабашов*, *Е. Перепелкин*, *В. Фесенков* и *В. Шаронов*. Кратеры в эк-

ваториальной области вблизи нулевого меридиана названы именами астрономов, выполнявших измерения координат деталей поверхности, определявших период вращения планеты и ее размеры. Имена астрономов, делавших зарисовки полярных шапок Марса, можно видеть южнее Земли Ноя, в районе, куда доходит зимой южная полярная шапка. Западнее *Равнины Аргир* кратеры названы в честь американских астрономов, а восточнее этой равнины — в память немецких ученых.

Названия в честь мореплавателей — первооткрывателей новых земель — сосредоточены к западу от 180° меридиана; здесь же можно видеть имена астрономов древности и средних веков. С именами ученых, высказавших предположения о возможности жизни на Марсе, связаны названия кратеров к востоку от *Равнины Эллада*. В северной полярной области лежат кратеры, названные в честь *М.В. Ломоносова* и главного конструктора советских космических ра-

кет *С.П. Королева*. Небольшие кратеры носят имена населенных пунктов Земли. При этом кратерам диаметром 10–100 км дают названия, состоящие из двух-трех слогов, а кратерам меньшего размера — состоящие из одного слога.

Таблица III

МАРСИАНСКИЕ КРАТЕРЫ ДИАМЕТРОМ БОЛЕЕ 100 КМ

Название	Широта, град.	Долгота, град.	Диаметр, км	Пояснение к названию
Агассис	-70	89	110	Дж. Агассис (1807–1873), американский натуралист
Адамс	+31	197	100	В. Адамс (1876–1956), американский астроном
Анри	+11	337	165	П. Анри (1849–1903), французский астроном
Антониади	+22	299	380	Е. Антониади (1870–1944), греко-французский астроном
Араго	+10	330	150	Д. Араго (1786–1853), французский астроном
Аррениус	-40	237	132	С. Аррениус (1859–1927), шведский физико-химик
Архангельский	-41	24	119	А.Д. Архангельский (1879–1940), русский геолог
Аудеманс	-10	92	120	Ж. Аудеманс (1827–1906), датский астроном
Бакхойзен	-23	344	160	Х. Бакхойзен (1838–1923), датский астроном
Бальде	+23	294	190	Ф. Бальде (1885–1964), французский астроном
Барабашов	+47	69	130	Н.П. Барабашов (1894–1971), советский астроном
Барнард	-61	298	122	Э. Барнард (1857–1923), американский астроном
Беддiker	-15	197	110	О. Беддiker (1853–1937), немецкий астроном
Беккерель	+22	8	165	А. Беккерель (1852–1908), французский физик
Бернар	-23	154	130	П. Бернар, французский метеоролог
Бёрроуз	-72	242	110	Э. Бёрроуз (1875–1950), американский писатель
Бёртон	-14	156	120	Ч. Бёртон (1846–1882), английский астроном
Бонд	-33	36	120	Дж. Бонд (1825–1865), американский астроном
Брашир	-54	120	115	Дж. Брашир (1840–1920), американский физик
Бугер	-19	333	100	П. Бугер (1698–1758), французский физик-гидрограф
Бэрд	-66	232	120	Р. Бэрд (1888–1975), американский полярный исследователь
Вери	-50	177	140	Ф. Вери (1852–1927), американский астроном
Вин	-11	220	120	В. Вин (1864–1928), немецкий физик
Виноградов	-20	38	225	А.П. Виноградов (1895–1975), советский геохимик
Вирц	-49	26	130	К. Вирц (1876–1939), немецкий астроном
Вислиценус	-18	348	150	В. Вислиценус (1859–1905), немецкий астроном
Галилей	+6	27	133	Г. Галилей (1564–1642), итальянский астроном
Галле	-51	31	210	И. Галле (1812–1910), немецкий астроном
Геил	-6	222	160	У. Геил (1865–1945), австралийский астроном
Гексли	-63	259	100	Т. Гексли (1825–1895), английский биолог
Гельмгольц	-46	21	110	Г. Гельмгольц (1821–1894), немецкий физик
Гершель	-14	230	300	Дж. Гершель (1792–1871), английский астроном; В. Гершель (1738–1822), английский астроном
Гилберт	-68	274	117	Г. Гилберт (1843–1918), американский геолог
Графф	-21	206	160	К. Графф (1878–1950), немецкий астроном
Грин	-52	8	160	Н. Грин (1823–1899), английский астроном
Гук	-45	44	140	Р. Гук (1635–1703), английский физик и астроном
Гусев	-14	184	170	М.М. Гусев (1826–1866), русский астроном

Таблица III. Продолжение

Название	Широта, град.	Долгота, град.	Диаметр, км	Пояснение к названию
Гюйгенс	-14	304	460	Х. Гюйгенс (1629–1695), нидерландский физик
Да Винчи	+2	39	100	Леонардо да Винчи (1452–1519), итальянский художник
Дарвин	-57	19	173	Дж. Дарвин (1845–1912), английский астроном
Дауэс	-9	322	190	У. Дауэс (1799–1868), английский астроном
Дежнев	-26	164	142	С.И. Дежнев (1605–1673), русский мореплаватель
Деннинг	-18	326	165	У. Деннинг (1848–1931), английский астроном
Дю Мартере	+6	266	100	М. Дю Мартере (1892–1955), швейцарский астроном
Жансен	+3	322	160	П. Жансен (1824–1907), французский астроном
Жарри-Делож	-9	276	100	Р. Жарри-Делож (1868–1951), французский астроном
Кайзер	-47	341	205	Ф. Кайзер (1808–1872), нидерландский астроном
Кассини	+24	328	415	Дж. Кассини (1625–1712), итальянский астроном
Кениссе	+34	319	130	Ф. Кениссе (1872–1951), французский астроном
Кеплер	-47	219	219	И. Кеплер (1571–1630), немецкий астроном
Ковальский	-30	142	315	М.А. Ковальский (1821–1884), русский астроном
Колумб	-29	166	110	Х. Колумб (1451–1506), великий мореплаватель
Комас Сола	-20	158	136	Х. Комас Сола (1868–1937), испанский астроном
Коперник	-49	169	280	Н. Коперник (1473–1543), польский астроном
Криштофович	-48	262	110	А.Н. Криштофович (1885–1953), советский палеоботаник
Кроммелин	+5	10	107	А. Кроммелин (1865–1939), английский астроном
Кэмпбелл	-54	195	123	Дж. Кэмпбелл (1889–1955), канадский физик
Кюри	+29	5	115	П. Кюри (1859–1906), французский физико-химик
Лайелл	-70	15	135	Ч. Лайелл (1797–1875), английский геолог
Лассвиц	-9	222	110	К. Лассвиц (1848–1910), немецкий писатель
Лау	-74	107	110	Х. Лау (1879–1918), датский астроном
Леверье	-38	343	140	У. Леверье (1811–1877), французский астроном
Лио	+50	331	220	Б. Лио (1897–1952), французский астроном
Ли Фан	-47	153	100	Ли Фан (85 г. н.э.), китайский астроном
Лиэ	-75	253	128	Э. Лиэ (1826–1900), французский астроном
Лозе	-43	16	160	О. Лозе (1845–1915), немецкий астроном
Ломоносов	+65	8	135	М.В. Ломоносов (1711–1765), русский ученый
Лоуэлл	-52	81	200	П. Лоуэлл (1855–1916), американский астроном
Лузин	+27	328	105	Н.Н. Лузин (1883–1950), русский математик
Лю Синь	-53	172	130	Лю Синь (ум. 22 г. н.э.), китайский астроном
Магеллан	-32	174	110	Ф. Магеллан (1480–1521), португальский мореплаватель
Маджини	+28	350	140	М. Маджини (1890–1941), итальянский астроном
Маральди	-62	32	115	Дж. Маральди (1665–1729), французский астроном
Маринер	-35	164	160	АМС "Маринер-4"
Март	+13	3	100	А. Март (1828–1897), английский астроном
Матч	+1	55	196	Т. Матч (1931–1980), американский геолог
Медлер	-11	357	100	И. Медлер (1794–1874), немецкий астроном
Мейн	-77	310	100	Р. Мейн (1808–1878), английский астроном

Таблица III. Продолжение

Название	Широта, град.	Долгота, град.	Диаметр, км	Пояснение к названию
Ми	+48	220	100	Г. Ми (1868–1957), немецкий физик
Мийошо	-21	275	118	Г. Мийошо (р. 1866), французский астроном
Миланкович	+55	147	120	М. Миланкович (1879–1958), югославский геофизик
Митчел	-68	284	141	О. Митчел (1809–1862), американский астроном
Море	+42	316	135	Т. Море (1867–1954), французский астроном
Моулсуорт	-28	211	175	П. Моулсуорт (1867–1908), английский астроном
Мюллер	-26	232	120	Г. Мюллер (1890–1967), американский генетик; К. Мюллер (1851–1925), немецкий астроном
Николсон	0	164	110	С. Николсон (1891–1963), американский астроном
Нистен	-28	302	110	Л. Нистен (1844–1920), бельгийский астроном
Нобель	-7	227	125	Э. Нобель (1841–1930), английский астроном
Ньюком	-24	358	250	С. Ньюком (1835–1909), американский астроном
Ньютон	-41	158	290	И. Ньютон (1643–1727), английский физик
Пастер	+19	335	114	Л. Пастер (1822–1895), французский химик
Перидье	+26	276	100	Ж. Перидье (1882–1967), французский астроном
Пикеринг	-34	134	110	Э. Пикеринг (1846–1919), американский астроном; У. Пикеринг (1858–1938), американский астроном
Портер	-51	114	113	Р. Портер (1871–1949), американский астроном
Проктор	-48	330	160	Р. Проктор (1837–1888), английский астроном
Птолемей	-46	158	184	Птолемей (ок. 90–160 н.э.), греко-египетский астроном
Рабе	-44	325	105	В. Рабе (1893–1958), немецкий астроном
Радо	+17	5	120	Р. Радо (1835–1911), французский астроном
Райт	-59	151	115	У. Райт (1871–1959), американский астроном
Резерфорд	+19	11	116	Э. Резерфорд (1871–1937), английский физик
Рессел	-55	348	140	Г. Рессел (1877–1957), американский астроном
Рэли	-76	240	153	С. Рэли (1842–1919), английский физик
Саут	-77	339	105	Дж. Саут (1785–1867), английский астроном
Секки	-58	258	220	А. Секки (1818–1878), итальянский астроном
Скиапарелли	-3	343	461	Дж. Скиапарелли (1835–1910), итальянский астроном
Склодовская	+34	3	120	М. Склодовская (1867–1934), польско-французский химик и физик
Стено	-68	115	105	Н. Стено (1638–1686), датский геолог
Стонеи	-70	138	177	Дж. Стонеи (1826–1911), ирландский физик
Тейсеран де Бор	+1	315	118	Л.-Ф. Тейсеран де Бор (1855–1913), французский метеоролог
Терби	-28	286	170	Ф. Терби (1846–1911), бельгийский астроном
Тихов	-51	254	115	Г.А. Тихов (1875–1960), советский астроном
Тихонравов	+14	324	390	М.К. Тихонравов (1900–1974), советский ученый-ракетчик
Трувело	+16	13	150	Э. Трувело (1827–1895), франко-американский астроном
Уильямс	-19	164	120	А. Уильямс (1861–1938), английский астроном
Уоллес	-53	249	150	А. Уоллес (1823–1913), английский биолог

Таблица III. Окончание

Название	Широта, град.	Долгота, град.	Диаметр, км	Пояснение к названию
Филлипс	-67	45	183	Дж. Филлипс (1800–1874), английский геолог
Фламарион	+26	312	179	К. Фламарион (1842–1925), французский астроном
Фложерг	-17	341	230	О. Фложерг (1755–1835), французский астроном
Фурнье	-4	287	118	Ж. Фурнье (1881–1954), французский астроном
Хасси	-54	127	100	У. Хасси (1862–1926), американский астроном
Хейл	-36	36	136	Дж. Хейл (1868–1938), американский астроном
Холден	-26	34	141	Э. Холден (1846–1914), американский астроном
Холмс	-75	292	116	А. Холмс (1890–1965), английский геолог
Хэдли	-19	203	110	Дж. Хэдли (1685–1768), английский метеоролог
Чемберлин	-66	124	120	Т. Чемберлин (1843–1928), американский геолог
Черулли	+32	338	125	В. Черулли (1859–1927), итальянский астроном
Шарлье	-69	168	110	К. Шарлье (1862–1934), шведский астроном
Шаронов	+27	59	108	В.В. Шаронов (1901–1964), советский астроном
Шеберле	-24	310	160	Дж. Шеберле (1853–1924), американский астроном
Шёнер	+20	309	185	И. Шёнер (1477–1547), немецкий географ
Шмидт	-72	79	196	И. Шмидт (1825–1884), немецкий астроном
Шрётер	-2	304	310	И. Шрётер (1745–1816), немецкий астроном

Полный список названий на поверхности Марса, утвержденный Международным астрономическим союзом, можно найти в Интернете по адресу: <http://planetarynames.wr.usgs.gov>.

РЕЛЬЕФ КРАСНОЙ ПЛАНЕТЫ

Рассматривая гипсометрическую карту Марса, легко заметить, что рельеф Северного и Южного полушарий заметно различаются. Большую часть Северного полушария занимают сравнительно гладкие равнины: Великая Северная Равнина, простирающаяся от северной полярной области, переходит в Западном полушарии в равнины Аркадия, Амазония, Хриса и Ацидалийскую, а в Восточном — в равнины Утопия, Элизий, Исиды. Равнины северного полушария лежат

ниже среднего уровня поверхности планеты. Например, Великая Северная Равнина имеет глубину $-4 \div -5$ км, как и Равнина Утопия и Ацидалийская Равнина. Равнины Аркадия, Амазония и Хриса расположены выше на 1 км. Это впадины на марсианском шаре, подобные океаническим впадинам Земли. Данные области Марса различны по происхождению, возрасту и внешнему виду. В процессе формирования северных равнин важную роль играл подповерхностный лед.

По гипсометрической карте построены графики преобладания высот в полушариях Марса. В Южном полушарии равнин сравнительно мало и они не столь обширны, как в Северном полушарии. Это равнины Эллада (диаметр 2300 км и глубина до

-8.2 км) и Аргир (диаметр 800 км и глубина около -3 км), имеющие круговую форму. Вероятно, они образовались в результате падения на Марс крупных тел. Большая часть Южного полушария представлена возвышенностями, покрытыми множеством кратеров. Средние высоты материковой части Марса составляют $3-4$ км. Плато Сирия расположено на высотах $5-6$ км, Плато Синай — от 3 до 5 км, Плато Солнца — от 3 до 4 км, Плато Гесперия и Большой Сирт — от 1 до 2 км.

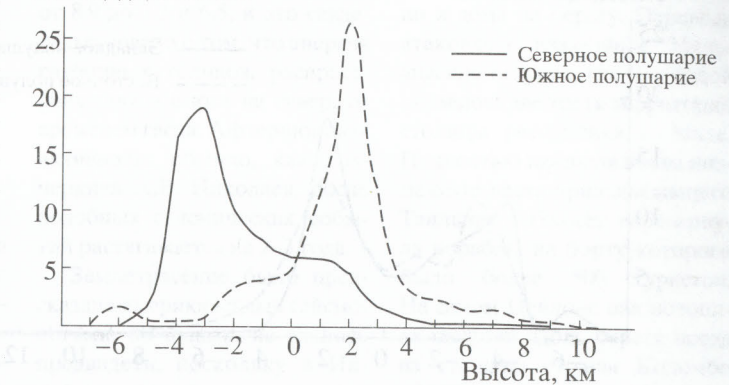
На экваторе находится самая крупная возвышенность — Гора Фарсида протяженностью около 6000 км и высотой до 8 км. Над ней возвышаются три потухших вулкана: Гора Аскрийская, Гора Павли-на и Гора Арсия, располо-

женные на одной линии. Их высоты — от 14.5 до 18.2 км. Таким образом, высота самих вулканов от 6.5 до 10 км. Самый высокий вулкан на Марсе и в нашей Солнечной системе — Гора Олимп, расположенный на северо-западной окраине Фарсиды, где отметки высот составляют 0 км. Поперечник этого вулкана в основании составляет 600 км, а его высота — 21.2 км. Если мысленно соединить вершину Горы Олимп с вершинами Горы Аскрийской и Горы Арсия, то получится почти равнобедренный треугольник со сторонами в 1800 км и основанием в 1600 км.

Фарсиду окружает обширная система разломов. В приэкваториальной зоне Марса находится гигантская система разломов с обрывистыми склонами — Долины Мари-нера протяженностью более 4000 км с запада на восток, глубиной до 6 км и поперечником в самой широкой части около 700 км. Крутизна склонов некоторых каньонов здесь достигает 20° . На западной окраине Долин Маринера находится уникальная система пересекающихся

долин — Лабиринт Ночи. Часто встречающиеся долины, похожие на высохшие русла, свидетельствуют о том, что в прошлом на поверхности Марса существовали мощные водные потоки. Большинство протяженных долин расположено в приэкваториальной зоне и лишь отдельные из них встречаются в средних широтах.

Площадь, млн. км²

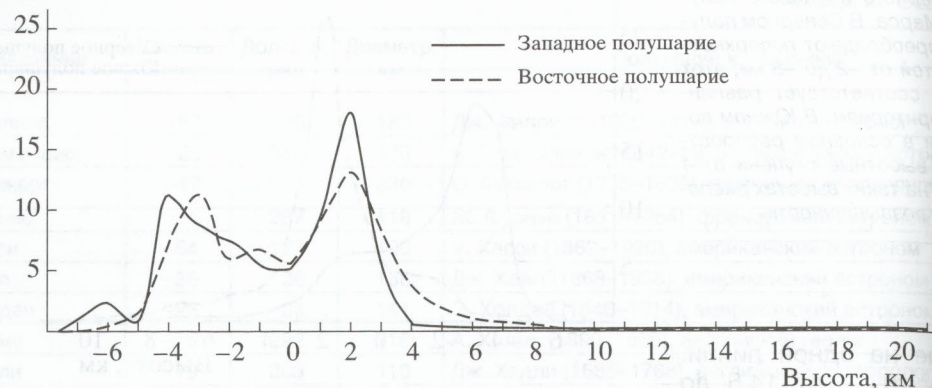


Распределение высот в Западном и Восточном полушариях выглядит совершенно по-иному. В Восточном полушарии также есть вулканическая область, названная Плато Элизий. На нем расположены три вулкана, самый крупный из них — Гора Элизий — имеет поперечник около 150 км и высоту до 14 км. Отдельные небольшие вулканы можно видеть и в других областях Марса. Своеобразный район скопления плосковершинных горок приурочен к переходной границе от возвышенной области к равнинам в Северном полушарии. Здесь находятся Столовые горы Кидония, Нилосирт, Протонил, Дейтеронил, расположен-

ные на участке большого круга под углом 35° к экватору; этот круг отделяет равнинное (низменное) полушарие планеты от материкового (возвышенного). Район Столовых гор Кидония характеризуется скоплением хаотичных форм, связанных с глобальным уступом шириной более 100 км. Не случайно именно в нем были замечены занятные формы рельефа — «пирамиды» и «сфинкс». Однако фотографии АМС «Марс Глобал Сервейер» показали, что ничего необычного в этих формах нет.

Марсианские кратеры отличаются от кратеров Луны и Меркурия меньшей глубиной и следами ветровой и водной эрозии. Самые крупные из них: Гюйгенс (диаметр 470 км, глубина около 4 км), Скиапарелли (диаметр 465 км, глубина 2 км), Кассини (диаметр 411 км, глубина 1 км), Антониади (диаметр 410 км, глубина менее 1 км), Тихонравов (диаметр 380 км, глубина 2 км). Самый глубокий кратер — Ньютон (5 км). Некоторые молодые марсианские кра-

Площадь, млн. км²



Распределение высот поверхности в Западном и Восточном полушариях Марса. Видно несколько характерных пиков. Западное полушарие несколько выше, чем Восточное. Площадь, занятая равнинами, практически одинакова в этих полушариях.

теры отличаются радикальными потоковидными выбросами грунта в местах вскрытия подповерхностного льда. Такие выплески грунта часто встречаются у кратеров, расположенных на северных равнинах.

Построенные гипсометрические карты выявили ряд интересных особенно-

стей форм рельефа Марса. В частности, наименования некоторых участков давались по наземным наблюдениям очень низкого разрешения в конце XIX в.: например, плато Сирия, плато Синай, плато Солнца. На самом деле оказалось, что эти районы вовсе не плато, а находятся на глобальном склоне.

То же относится и к плато Дедалия. Обширное плато располагается восточнее этих образований.

Гипсометрическая карта Марса масштаба 1:26 000 000 выпущена в 2004 г. Издательством физико-математической литературы, где ее можно приобрести.

Ракета-носитель "Союз-2" предназначена для использования в космической программе России. На нем улучшены характеристики двигателей, разработана новая цифровая система управления и телеизмерений, обеспечивающая высокоточное выведение КА на орбиту в широком диапазоне орбит. "Союз-2" стартовой массой 311,7 т может запустить КА на низкую околоземную орбиту массой до 8,5 т (на геостационарной — 1,48 т). В качестве разгонного блока может использоваться "Фрегат" массой 6592 кг. Габариты головного обтекателя — диаметр 3,7 или 4,11 м, длина 11,4 м.

Одну из модификаций "Союза-2" планируется запускать с Гвианского космического центра (ESA) в рамках совместного проекта Федерального космического агентства, "ЦСКБ-Прогресс", европейских компаний Starsem, EADS и Arianespace. Регулярные запуски этих ракет начнутся в 2007 г. с космодрома Куру во Французской Гвиане, где к тому времени должны построить специальный стартовый комплекс (Земля и Вселенная, 2004, № 1).

По материалам Федерального космического агентства и ЦУП, октябрь-ноябрь 2004 г.

Информация

Катастрофическое землетрясение

Утром 26 декабря 2004 г. на дне Индийского океана, в 66 км от г. Малаба на о. Суматра в Индонезийском архипелаге, произошло сильнейшее землетрясение (магнитуда $M = 8.7-8.9$). Потрясенный океан ответил рождением грандиозной волны — цунами, обрушившейся через час-полтора после первого подземного толчка на побережья шести стран Юго-Восточной Азии. Чудовищная катастрофа, сопровождавшаяся гибелью десятков тысяч людей, поразила Индию, Мьянму (Бирма), Таиланд, Малайзию, Шри-Ланку, Индонезию и Мальдивскую республику. Волна докатилась до африканского полуострова Сомали, и жертвой ее стали жители расположенного на нем одноименного государства.

По мнению члена-корреспондента РАН А.В. Николаева, на дне возник гигантский разрыв земной коры и две литосферные плиты сместились относительно друг друга, образовав сброс длиной более 1000 км. Было зарегистрировано три последовательных толчка: первый на параллели 3°, второй — на 7°, третий — на 13° с.ш. Маг-

нитуда постепенно снижалась — от 8.9 до 7.3 и 6.5, и это свидетельствовало о том, что энергия глубинных толчков, распространявшихся с юга на север, со временем гасла. Афтершоковая активность обычно, как подчеркнул А.В. Николаев, после подобных сейсмических событий растягивается на 2–3 года.

Землетрясение было предсказано американскими сейсмологами, но цунами не удалось предвидеть, поскольку в Индийском океане, в отличие от Тихого, известного своей цунамиопасностью, это грозное явление не наблюдалось ни разу в последние, по крайней мере, два столетия. Для акватории же Тихого океана памятные цунами 1933 г. на берегах Японии, 1952 г. — на Курильских островах и Камчатке, 1960 г. — в Чили и 1964 г. — на Аляске. Страны Юго-Восточной Азии не охвачены Международной системой наблюдения и оповещения, созданной еще в 60-х гг. прошлого века для Тихого океана. Она включает в себя серию наблюдательных станций на побережьях и множество буев, с которых сигналы поступают при значительном повышении уровня воды.

Люди не сразу поняли, что происходит, когда вода вдруг ушла в океан, обнажив 30-метровую полосу дна. Многие бросились собирать ракушки. А потом накатил чудовищная вол-

на, смывшая не только людей, но и дома на берегу. Первыми атакованы низменные Мальдивские острова, где под водой оказалось две трети территории столицы республики г. Мале. Полностью накрыла волна низменную часть принадлежащего Таиланду о. Пхукет, перевернула корабль, на борту которого было более 500 туристов. На самом Цейлоне она потопила шедший вдоль берега поезд из столицы страны Коломбо с 1500 пассажирами. В одно мгновение были смыты в океан сотни рыбацких лодок и разместились у морской кромки деревни. Погибли рыбаки, ловившие в это утро рыбу, и туристы, проживавшие в небольших прибрежных отелях. Число погибших (это граждане 24 стран) постоянно уточняется. По данным на конец февраля, оно достигло уже 300 тыс., но допускается, что и эта цифра может значительно увеличиться.

29 декабря произошло новое землетрясение, на сей раз — в районе Никобарских и Андаманских островов, расположенных между Бенгальским заливом и южной оконечностью полуострова Индостан (магнитуда $M = 5.6-5.7$). Часть островов ушла под воду, погибло не менее 4 тыс. человек.

Афтершоковый процесс продолжается: только за три дня зарегистрировано около 70 вторых толчков.

В.А. МАРКИН

Информация

Старт "Союза-2"

8 ноября 2004 г. в 21 ч 30 мин по московскому времени с космодрома Плесецк успешно осуществлен запуск новой российской ракеты-носителя среднего класса, "Союз-2", с габаритно-весовым макетом военного спутника "Облик". Полет носителя проходил по суборбитальной траектории.

Одна Земля – множество миров

В августе 2004 г. в Глазго, одном из древнейших городов Соединенного Королевства, состоялся очередной (30-й) конгресс, организованный Международным географическим союзом (МГС). Его девиз – «Одна Земля – много миров».

О бесконечном многообразии Вселенной рассказывает человечеству астрономия, а о множестве «миров» планеты Земля – столь же древняя наука география. По мере ее становления и развития человечеству открывались все новые миры: материки, населенные различными народами, океаны, горные системы, равнины, озера, речные бассейны. Теперь известно практически все, что существует на поверхности Земли. Но для ее миров характерны непрерывные изменения, порой очень существенные.

Сферы, образующие Землю, – от литосферы до гидросферы, криосферы и атмосферы, каждая из которых тоже расслаивается на сферы, – взаимодействуют. Биосфера, антропосфера, ноосфера «оживляют» и одухотворяют планету. Взаимодейст-



One Earth - Many Worlds



вие геосфер отражается в процессах на поверхности Земли, изучаемых географией, которая давно уже перешла от чисто описательной характеристики земной поверхности к углубленному изучению взаимосвязанных и взаимодействующих явлений и процессов в поверхностном пространстве планеты. Важнейшие среди них – взаимоотношения человеческого общества и окружающей среды. Они

многократно усложнились в результате постоянно усиливающегося антропогенного воздействия на природу. Географы следят за этими изменениями.

83 года назад, в 1922 г., произошло объединение географов разных стран мира в Международный географический союз. Но еще раньше, в 1871 г., состоялся первый Всемирный географический съезд. С того времени прошло уже 134 года.

Тогда около 600 географов из 20 стран, в том числе из России, съехались в бельгийский город Антверпен. Конгресс был посвящен 300-летней годовщине издания карты мира Герарда Меркатора и первого атласа мира Ортелиуса. Решено было проводить географические съезды регулярно, через каждые четыре года.

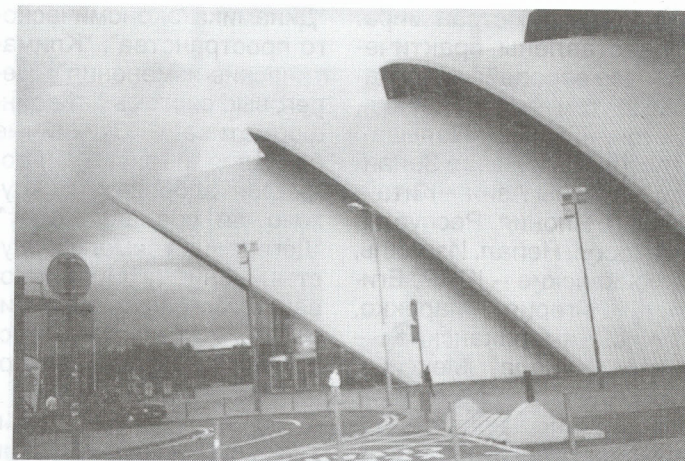
Вынужденные перерывы связаны с военной ситуацией в Европе: международных конгрессов не было в 1913–1925 гг. и в 1938–1949 гг. Из 29 состоявшихся форумов 4 прошли во Франции, 3 – в Великобритании, по два – в Италии, Швейцарии, США, Нидерландах, и по

зданию Научного центра Шотландской национальной выставки в районе Армадилло, на берегу р. Клайд (г. Глазго), в котором в августе 2004 г. проходил 30-й МГС.

одному – в Германии, США, Египте, Польше, Португалии, Бразилии, Швеции, Индии, Канаде, Японии, Австралии, Корее. Война помешала проведению съезда в 1912 г. в Петербурге, и только 23-й конгресс (в 1976 г.) состоялся в нашей стране, в Москве (академик И.П. Герасимов был председателем Оргкомитета, членом его от Советского Союза – В.М. Котляков).

В 1899 г. на 7-м (Берлинском) конгрессе впервые было провозглашено преобразование описательной географии в проблемную науку. На 19-м (Стокгольм, 1960 г.) группа советских делегатов во главе с академиком И.П. Герасимовым предложила концепцию географии как «фундаментальной науки конструктивного и прогнозного характера». Это предложение было одобрено.

Начиная со 2-го (Бернского) конгресса, на каждом создавались специализированные рабочие секции, тематические комиссии. В 1895 г. на 6-м конгрессе в Лондоне по предложению выдающегося русского картографа А.А. Тилло учреждается



Международная картографическая ассоциация.

29-й съезд географов мира прошел в августе 2001 г. в столице Республики Корея Сеуле. На нем председателем Международного географического союза была избрана профессор Университета г. Дублина (Ирландия) Анна Баттимер. На заключительном заседании Сеульского форума она выступала с речью-манифестом, в которой сравнила международные форумы географов с народными собраниями на афинской площади Агора в период

расцвета Древней Эллады:

«Агора – это метафора международных собраний географов. Несмотря на чудеса Интернета и киберпространства есть что-то очень специфичное в живом общении ученых, оно необходимо для интеллектуального творчества, для разрушения предубеждений, страхов или идей фикс, т.е. для появления альтернативных взглядов и открытия новых горизонтов...»

На собрании географов мира в августе 2004 г. в Глазго зарегистрировано более 2000 делегатов



В центре г. Глазго.

из почти 100 стран мира. Представлены практически все европейские страны (в том числе Латвия, Эстония, Чехия, Польша), Австралия и Новая Зеландия, страны Азии – Китай, Индия, Япония, Республика Корея, Непал, Израиль, африканские – ЮАР, Египет, Нигерия, Марокко, Тунис, американские – США, Канада, Мексика, Бразилия, Аргентина. Собственно, представляли делегаты и докладчики конгресса не страны, а научные центры, академии, университеты, институты и лаборатории. Перед выступлением докладчиков объявлялась не страна, из которой они приехали, а к какому научному сообществу (не важно, большому или малому) они принадлежат. Это признак интернационализации науки.

Из России и стран СНГ прибыло около 40 делегатов: из МГУ им. М.В. Ломоносова, Санкт-Петербургского университета, Института географии РАН, Сибирского и Дальневосточного отделений РАН, научно-образовательных центров Украины, Казахстана, Армении, Грузии.

В соответствии с постоянными комиссиями и исследовательскими группами Международного географического союза были сформированы 32 тематические секции. Среди них:

“Динамика экономического пространства”, “Климатические изменения”, “Береговые системы”, “Геоинформатика”, “Стихийные бедствия и риски”, “География здоровья и окружающая среда”, “Карст”, “Деградация земель и опустынивание”, “Моделирование географических систем”, “Устойчивость систем”, “Разнообразие горных систем”...

На церемонии открытия Конгресса выступили лорд-мэр столицы Шотландии, председатель Оргкомитета профессор Кен Грегори, руководители Географических обществ Шотландии и Великобритании. Старейший британский географ Петер Хаггет прочитал лекцию “Меняющийся взгляд на географический порядок”. В ней он проанализировал эволюцию географических теорий за прошедшее столетие. Многие из них скорректированы, но испытание временем, несомненно, выдержали идеи Александра Гумбольдта о многообразии природы как ос-

нове ее единства и гармонии. Это отражено в девизе Конгресса. В этой же связи президент МГС профессор Анна Баттимер вспомнила нашего соотечественника П.А. Кропоткина, хорошо известного в Британии, где с 1876 г. по 1917 г. он жил как политический эмигрант, продолжая работать в области наук о Земле. Ученый был убежден в том, что не только природа, но и общество строится на основе многообразия связей и взаимодействий. В открытых системах возникает эффект самоорганизации.

На Конгрессе вспомнили других выдающихся географов прошлого. Специальные заседания секции “История географической мысли” были посвящены памяти немецкого географа XIX в. Фридриха Ратцеля, основателя антропогеографии, и британского теоретика географии Халфорда Маккиндера, изучавшего географические основы истории человечества. Ему принад-

у российского стенда выставки 30-го Международного географического конгресса. Участник конгресса В.А. Маркин.

лежит теория, определяющая Восточной Европе и России место “хартланда” (сердцевины) “Мирового острова” (так он называл Евразию вместе с Африкой). Вспомнили его знаменитую в свое время фразу: “...тот, кто правит хартлендом, господствует... над миром” – но было признано, что она устарела, причем совсем недавно. С критикой географического детерминизма Х. Маккиндера выступили российские географы А.И. Тревиш (Институт географии РАН) и Н.В. Петров (Московский центр Карнеги).

Геополитическим темам на мировом форуме географов было уделено большое внимание. Во многих докладах рассматривались проблемы спорных границ между государствами, а также политические и экономические перемены в странах всех материков. Особое внимание обращалось на перспективы устойчивого развития стран мира и сохранения разнообразия в условиях глобализации.

На Конгрессе отмечалось, что в последнее время идет заметный процесс гуманизации географии. В ней возникают новые направления, нашедшие отражение в докладах о географии туризма, досуга, культуры, искусства... Этическая география ста-



ла темой пленарного доклада Лиз Беноли из Института географии в Эдинбурге. Исследование многообразных взаимосвязей в мире как источника устойчивости и формирования этических норм в отношениях человека с природой – основная задача этого нового направления в географии.

Большой интерес проявлен к темам, связанным с закономерностями глобального климата, разнообразием региональных климатов, контрастами погоды, обусловленными потеплением на Земле в последние десятилетия, прогнозом будущих климатических изменений. Восстановлению былого облика земной поверхности (10–20 тыс. лет назад) посвящен доклад, представленный заочно профессором А.А. Величко (Инсти-

тут географии РАН) “Палеореконструкция как средство оценки глобальных климатических изменений и их воздействий на окружающую среду”. Румынский климатолог Йонел Хайди (Университет г. Клуж) совместно с французским ученым Я.Л. Мерсье предложил стохастический метод составления прогноза будущих климатических изменений, восстановив за прошлые годы ряд данных о погоде по регулярно регистрируемым издревле сведениям об урожае на виноградниках юга Франции. Обсуждались вопросы отражения климатических перемен в положении линии ледникового баланса на ледниках Восточной Сибири (М.Д. Ананичева, Институт географии РАН), в динамике и морфологии озер Тибета (Дж. Меттью



На специализированной выставке Международного геофизического союза в Шотландском научном центре (г. Глазго).

из Университета Киото, Япония), в накоплении углерода озерами и болотами Эстонии (Я.-М. Пунинг, г. Таллинн). Об исключительной чувствительности к потеплению климата криосферы Земли говорилось в докладах профессора Университета в Калгари (Канада) Р. Бэрри и его коллеги из Университета Делавер (США) Ф. Нельсона, исследовавших воздействие потепления на высокогорные районы вечной мерзлоты.

Георазнообразие и биоразнообразие, являющиеся основой устойчивости окружающей среды, чутко реагируют на малейшие изменения в климатической системе. Эта проблема рассмотрена в ряде секционных докладов, анализировавших эколого-географические ситуации в тропических лесах Амазонии и в нагорье Патагонии, в горных долинах Гималаев и на Тихоокеанском побережье Дальнего Востока России, в таежных и степных ландшафтах Прибайкалья и Саяно-Байкальского нагорья, в сухих степях российского Заволжья.

Группа российских ученых из ИГ РАН (М.А. Глазов, В.В. Горячкин, А.Н. Семиколенных) представили доклад о построенной ими модели взаимосвязей между биоразнообразием в ледниковых и карстовых ландшафтах Русского европейского севера (на материале Пинежского национального заповедника).

На Конгрессе особо подчеркнуто, что практи-

чески повсюду на Земле наблюдается деградация земель, пригодных для хозяйственной деятельности: интенсивно развиваются процессы образования карста, разрушения почвенного покрова и опустынивания.

Столь же серьезное внимание было обращено на расширение пространств с благоприятными условиями жизни, и наряду с давно существующей медицинской географией, изучающей распространение на земном шаре болезней, формируется "география здоровья" населения.

Прозвучало и сообщение нидерландского ученого Ф. ван дер Хувена о крупном географическом открытии, сделанном на основе анализа данных о гравитационных аномалиях в Антарктиде. Под ледниковым покровом материка обнаружена область площадью 3862 м², в пределах которой находится множество кратеров от падения крупных метеоритов примерно 780 тыс. лет назад. Падение фрагментов небесных тел вызвало тогда таяние около 1% льдов Антарктиды. Самый большой из обнаруженных кратеров имеет в диаметре 322 км и может быть отнесен к числу крупнейших на Земле.

В своем выступлении на открытии 30-го конгресса Международного географического союза его президент в 2001–2004 гг. профессор А. Баттимер сказала: "Наша Земля – Гей – это изумительный оркестр жизни... Понима-

ние каждой из слагающих Землю сфер возможно только в контексте Земли как целого... Наиболее поразительным для некоторых из нас стало обновление интереса к идее ноосферы – сферы мысли, разума, эволюционирующего сознания, присущего жизни на планете Земля. Конечно, сегодня ноосферу населяет много миров, ограниченных различиями культуры, религии, языка, расы и политики. Они часто игнорируют друг друга и порой больше склонны к соперничеству, чем к сотрудничеству и взаимопониманию.

Поиск определенной культурной идентичности – быть может, универсальная черта человечества, и разнообразием своей культуры оно обязано богатейшим панорамам ландшафтов на земном шаре... Жить в условиях многообразия – один из главных вызовов третьего тысячелетия".

Пожалуй, впервые на международном уровне было подчеркнуто значение для географии идей русских ученых В.И. Вернадского и П.А. Кропоткина, убежденных в объединяющей роли географии и в том, что устойчивое единство, как в природе, так и в обществе, основывается именно на разнообразии. Объединение многих миров на планете Земля – задача географии. Символичным стало присуждение незадолго до Конгресса медали МГС под названием "Планета и Человечество" президенту СССР М.С. Горбачеву –

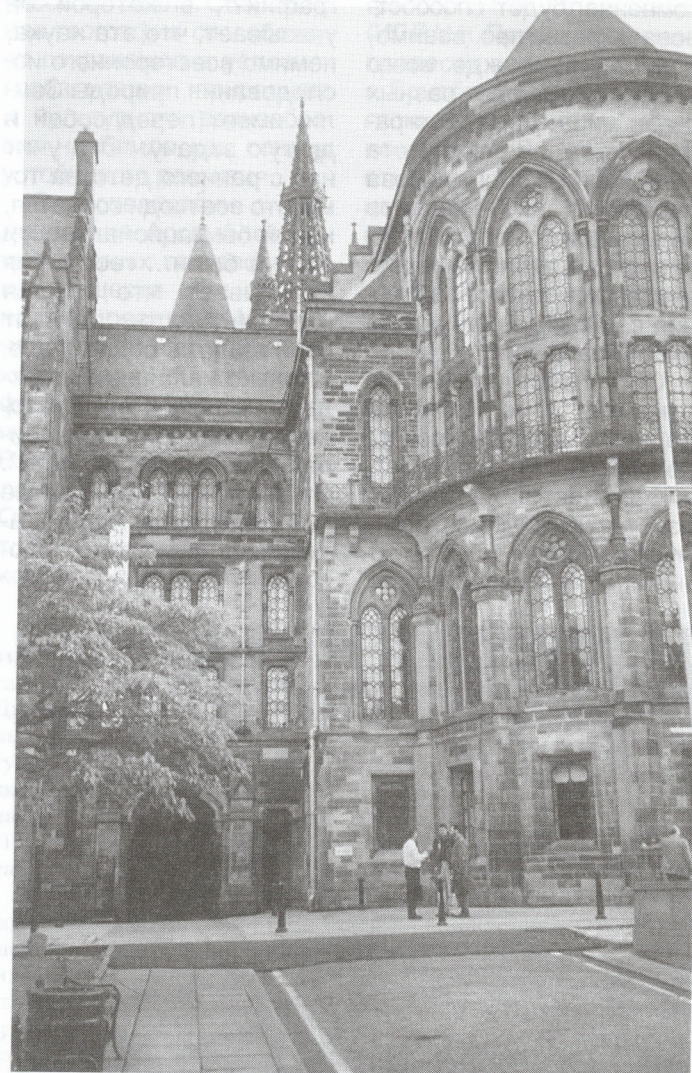


Участники 30-го Международного географического конгресса (слева направо): вице-президент МГС профессор Н.Ф. Глазовский, академик В.М. Котляков, декан географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова Н.С. Касимов и вице-президент МГС профессор Зулуасского университета (ЮАР) Л. Маги.

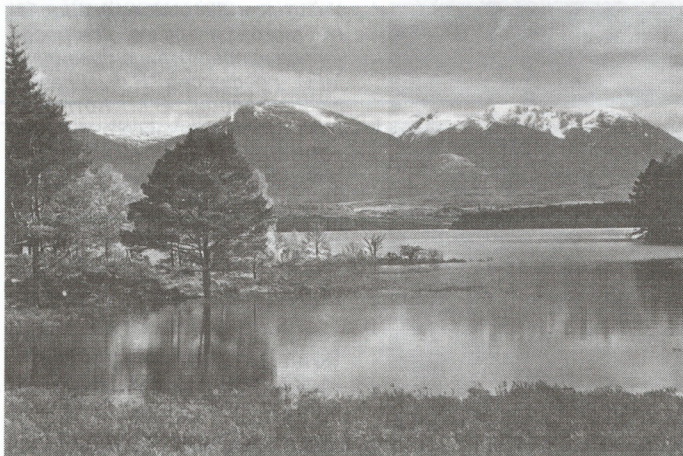
кова о подготовке к изданию в России пятиязычного словаря географических терминов, который, не-

за "огромный вклад в создание устойчивого и безопасного будущего цивилизации и создание Международной организации Зеленый Крест, которая стала катализатором и координатором решения проблемы сохранения окружающей среды". Отмечены заслуги М.С. Горбачева в деле установления взаимопонимания между народами на Земле.

В связи с тем, что на 2005–2014 гг. ООН наметила провести "десятилетие образования в интересах устойчивого развития", на Конгрессе было обращено особое внимание на проблемы географического и экологического образования населения. На секции "Географическое образование" среди других был обсужден доклад председателя Российского национального географического комитета академика В.М. Котля-



Университет Глазго, в котором происходили некоторые мероприятия Международного географического конгресса.



сомненно, будет способствовать развитию взаимопонимания прежде всего среди географов разных стран мира. Декан географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова профессор Н.С. Касимов поделился российским опытом экологического университетского обучения с учетом задач устойчивого развития.

Свое выступление на открытии 30-го Международного географического конгресса в Глазго А. Баттимер завершила цитатой из статьи П. Кропоткина "Какой следует быть гео-

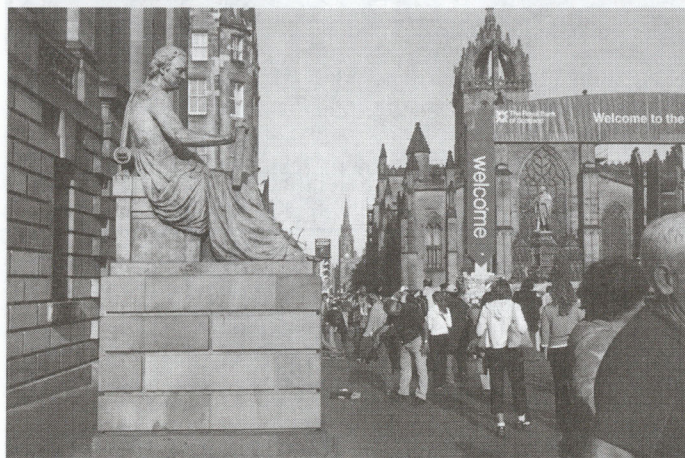
графии?", в которой он указывает, что эта наука, помимо всестороннего исследования природы Земли, имеет перед собой и другую задачу: "Она учит нас с раннего детства тому, что все люди братья, какой бы национальности они ни были... география показывает, что каждая национальность вносит свой вклад в общее дело, и только малая часть каждого народа заинтересована в поддержании национальной нетерпимости". Эти слова, написанные 120 лет назад, прозвучали очень актуально. Мно-

Типичный ландшафт Горной Шотландии (Хайленд). На переднем плане – оз. Лохи, вдали – Грампианские горы и высочайший в Великобритании горный массив Бен-Невис (1343 м).

гонационный состав делегатов географического форума, представляющий все многообразие Земли, подтвердил их.

Удачно было выбрано место проведения конференции – здание на территории Научного центра Шотландской национальной выставки в районе Армадилло на набережной р. Клайд. Просторные помещения позволили разместить выставки наиболее крупным делегациям, в том числе и российской. Естественно, особенно полно представило свои материалы Королевское шотландское географическое общество (директор и секретарь общества – профессор Дэвид Мунро). Шотландские географы гордятся своими земляками – великими путешественниками-первооткрывателями, среди которых всем известные Дэвид Ливингстон, Роберт Скотт, Эрнст Шеклтон. Основанное в 1884 г., оно организует, совместно с университетами Эдинбурга и Глазго, исследования шотландских географов в различных районах Земли, включая Антарктиду.

Памятник философу, историку и экономисту Дэвиду Юму в центральной части Эдинбурга.



Старинный кельтский замок на холме Артура (в Эдинбурге), резиденция шотландских королей.

Для двух старинных шотландских городов, которые посетили участники Международного географического конгресса, характерно сохранение памяти об ученых мирового значения, живших и работавших в Шотландии. На одной из центральных улиц Эдинбурга воздвигнут памятник философу, историку и экономисту Дэвиду Юму, перед зданием Астрономической обсерватории в Глазго – великому физики лорду Кельвину (Уильяму Томсону).

Работа Конгресса, несмотря на некоторые недостатки в организации, оказалась очень плодотворной. Она показала, что, вступив в третье тысячелетие, мировая география заняла достойное место среди других наук, исследуя не только природные, но и глобально изменяющиеся экономические, политические, социальные, культурные про-

Информация

Динозавры Антарктиды

По сообщению Национального научного общества США, две независимых друг от друга экспедиции американских ученых обнаружили останки динозавров на территории Антарк-



цессы на Земле. Современная география способствует сохранению в условиях глобализации природного и культурного разнообразия на Земле как основы устойчивого развития.

В соответствии с традицией на Ассамблее национальных географических обществ был избран новый президент Международного географического союза. Им стал профессор университета Генуи (Италия) Адальберто Валлега, специалист в области морской географии. Одним из вице-президентов вновь избран член-корреспондент РАН про-

фессор Н.Ф. Глазовский (ИГ РАН). Принято решение провести в июле 2006 г. в г. Брисбен (Австралия) региональную конференцию по теме "Региональные отклики на глобальные изменения", а в 2008 г. в Тунисе, столице одноименного африканского государства, – очередной, 31-й, конгресс МГС.

Глазго – Эдинбург – Москва

В.А. МАРКИН,
кандидат
географических наук
Иллюстрации
предоставлены автором.

тиды. На острове Джеймса Росса группа под руководством Дж. Кейса и Дж. Мартина нашла фрагменты челюсти и ногу одной из разновидностей хищного тиранозавра, достигавшего в высоту не менее 2–2.5 м. Предполагают, что возраст останков около 65 млн. лет.

В глубине Антарктического континента, на склонах возвышенности Киркпатрик палеонтолог У. Хаммер обнаружил части скелета травоядного динозавра, жившего около 200 млн. лет назад. По мнению Хаммера,

этот вид динозавра мог быть предком гигантского диплодока: длина его тела с хвостом – около 10 м, высота – более полутора метров.

Антарктические динозавры жили в Южнополярной области Земли, оледенение которой началось 30 млн. лет назад в условиях мягкого климата.

По сообщению Национального научного общества США.
Zooland.ru, 27.02.2004

Полеты межпланетных станций и научных спутников

I. АВТОМАТИЧЕСКИЕ МЕЖПЛАНЕТНЫЕ СТАНЦИИ*

1. "Вояджер-1 и -2" ("Voyager-1/2", США). АМС запущены 5 сентября и 20 августа 1977 г. (Земля и Вселенная, 1978, № 2). Обе станции продолжают удаляться от Земли, преодолевая за год более 3 а.е. и передавая информацию. "Вояджер-1 и -2" к началу 2005 г. пролетели соответственно: 15.42 и 14.53 млрд. км, от Земли их отделяют 13.62 и 11.21 млрд. км. Относительно Земли они движутся со скоростью 20.97 и 28.57 км/с, а относительно Солнца – 17.23 и 15.72 км/с. Предполагают, что связь со станциями будет поддерживаться до 2020 г.

2. "Улисс" ("Ulysses", ESA – NASA). АМС запущена 7 октября 1990 г. В конце 2007 г. она завершит второй виток на полярной гелиоцентрической орбите (перпендикулярна плоскости эклиптики), приблизившись к Южному полюсу Солнца. Все научные приборы работают нормально – исследуется Солнце и околосолнечное пространство. Работа АМС продлена до начала 2008 г., чтобы она смогла наблюдать 11-летний цикл солнечной активности. Параметры орбиты "Улисса": расстояние от Солнца 1.343 × 5.404 а.е., наклонение 79.23° и период обращения 6.2 года.

3. "Марс Глобал Сервейер" ("Mars Global Surveyor", США). АМС запущена 7 ноября 1996 г. Продолжается картографирование поверхности Марса с орбиты высотой 372 × 427 км, наклонением 92.9° и периодом обращения 117 мин. Основная и дополнительная программы исследований Марса завершились в мае 2004 г., полет АМС продлен до 2008 г. Станция ведет наблюдения поверхности и атмосферы, продолжаются геологические и минералогические исследования. Например, на снимке 8 августа 2004 г. Южной полярной области запечатлен "Город Инка" – часть горного образования необычной округлой формы с цепочкой прямолинейных хребтов. В 1972 г. такое название присвоено после получения АМС "Маринер-9" снимков этого района из-за похожих на разрушенные постройки симметричных образований. Здесь расположены дюны в древнем ударном кратере, занесенном поздними слоями грунта.

4. "Кассини-Гюйгенс" ("Cassini-Huygens", NASA – ESA). АМС запущена 15 октября 1997 г. Вышла на орбиту искусственного спутника Сатурна 1 июля 2004 г., преодолев 3.5 млрд. км. Чтобы не повредить научные приборы и уменьшить риск при торможении около планеты, "Кассини" пролетела между кольцами G и F

(первоначально планировалось сделать этот опасный маневр через деление Кассини, отсюда и название АМС); защитным экраном от ударов частиц служила остронаправленная радиоданная. Пересекая кольца, радиоспектрометр за 5 мин зафиксировал более 100 тыс. попаданий пылевых частиц при максимуме соударений 680 ударов в секунду. Первый виток "Кассини" выполнила по орбите: апоцентр – 82 тыс. км, перигей – 10.3 млн. км, период обращения – 83 сут.

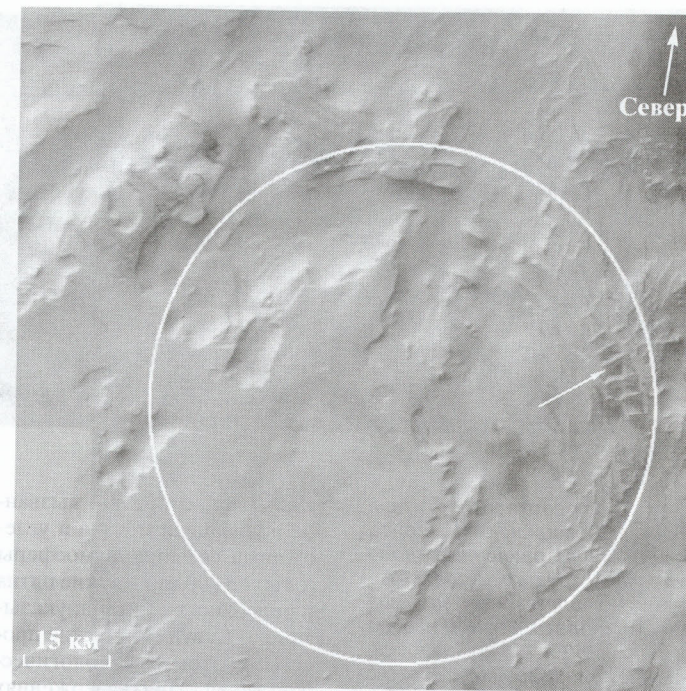
"Кассини" сделала несколько открытий. Например, кольца "напевают" неприятную мелодию, излучая радиочастотные импульсы длительностью 1–3 с. В них найдены однородные объекты размером с футбольное поле – самые маленькие тела. Пока неизвестно – это цельные обломки или скопления мельчайших частиц. Измерены температура и скорость ветра верхней атмосферы Южного полушария Сатурна: в тропосфере температура неизменна, а в стратосфере растет в направлении к полюсу; скорость ветра максимальна вблизи экватора – 380 м/с. Получены снимки магнитосферы, обнаружен новый радиационный пояс, простирающийся от вершины облаков до внутреннего края кольца D.

АМС сфотографировала все известные к моменту съемки

"Город Инка" на Марсе. Фрагмент большой круговой структуры горных хребтов диаметром 86 км (отмечен стрелкой), находящийся на Южном плато (Platum Australe; координаты 67° з.д. и 82° ю.ш.). Снимок сделан 8 августа 2004 г. АМС "Марс Глобал Сервейер". Фото NASA.

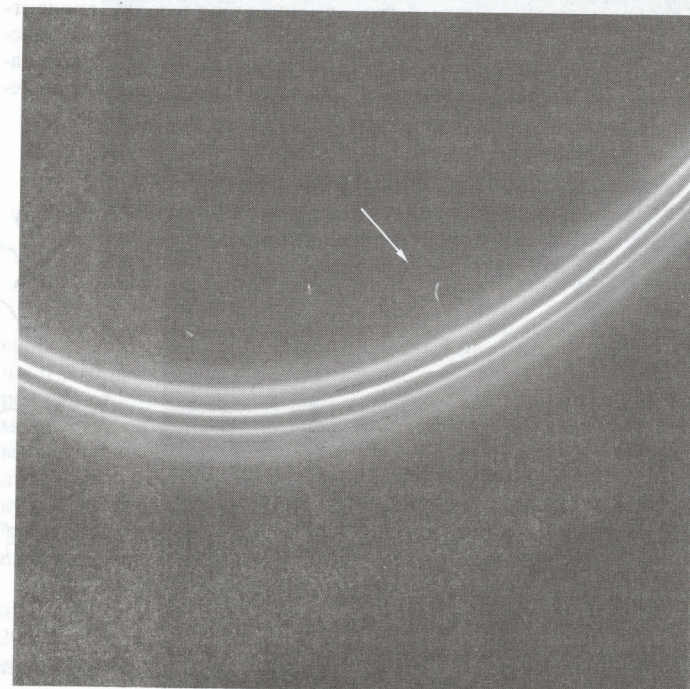
35 спутников Сатурна и его кольца. Снимок южной приполярной области Сатурна выполнен 18 октября с расстояния 3.9 млн. км. Замечено, что Прометей перекачивает к себе вещество из кольца F; кроме воздействия на него, образуются динамические извилистые петли и волны плотности; слабый шлейф вещества тянется от кольца к спутнику. Недавно самым маленьким из лун Сатурна был Пан (диаметр 20 км), позже открыто еще 16 спутников диаметром 5–30 км. Снимок Мимаса получен 7 ноября с расстояния 3.7 млн. км; спутник расположен над широкой тенью кольца В, хотя вращается далеко за пределами кольца F. На нем замечен кратер Гершель диаметром 100 км с центральным пиком. На Дионе есть светлые полосы (снимки 27 октября и декабря 2004 г.); она состоит из водяного льда и скальных пород. 28 октября и 23 ноября "Кассини" сфотографировала ледяную Тефию, на ней обнаружен огромный ударный кратер, занимающий почти целое полушарие. Кадры запечатлели обращающиеся вокруг Сатурна впереди и позади Тефии маленькие Телесто и Каллипсо. 24 октября

35-й спутник Сатурна. Вблизи кольца F шириной 50 км виден маленький спутник-пастух неправильной формы (отмечен стрелкой). Снимок получен 30 октября 2004 г. АМС "Кассини" с расстояния в 790 933 км от планеты. Фото NASA – ESA.

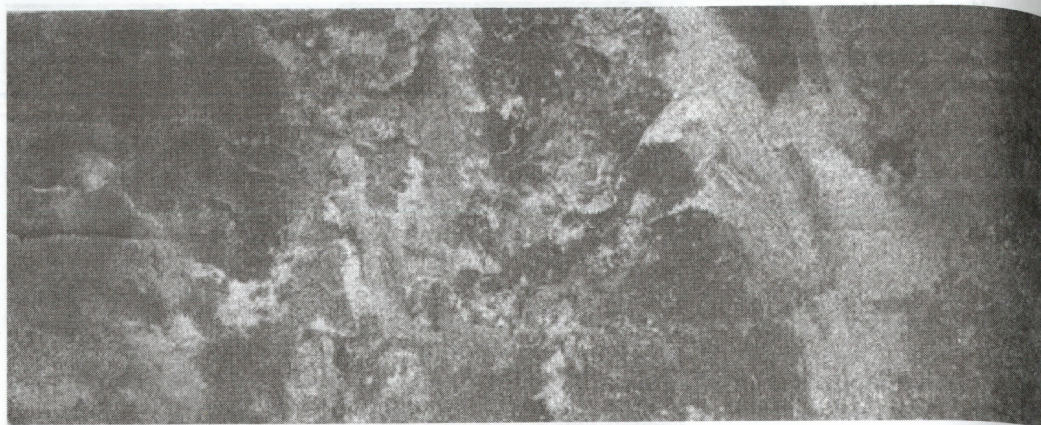


2004 г. и в январе 2005 г. сделаны снимки Реи, на краю диска которой замечен яркий блик – один из кратеров. 2 июля 2004 г. "Кассини" пролетела на рас-

стоянии 339 тыс. км у Южного полюса Титана, а 26 октября впервые сблизилась с ним на расстоянии 1200 км. Получены 500 снимков в оптическом, ИК-



* Продолжение. Начало см.: 1995, № 5; 1996, № 3; 1997, № 4; 1998, № 3; 1999, № 3; 2000, № 4; 2001, № 5; 2003, № 1; 2004, № 1, 3, 4, 6; 2005, № 1.



Участок поверхности Титана. На радиолокационном изображении видны различные геологические структуры: светлые – гористые области, темные – впадины или плато. Размер изображения – 250 × 150 км, разрешение – 300 м. ("Кассини", 26 октября 2004 г.) Фото NASA – ESA.

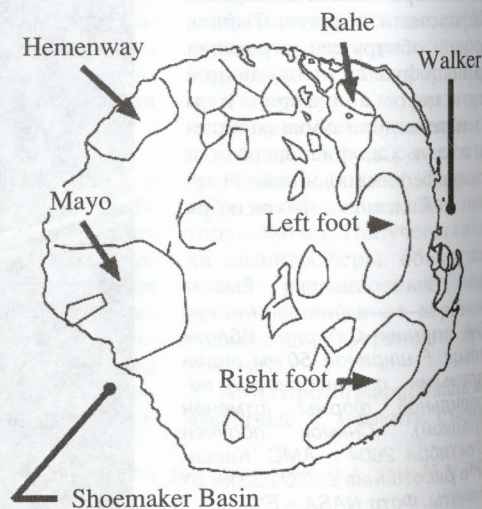
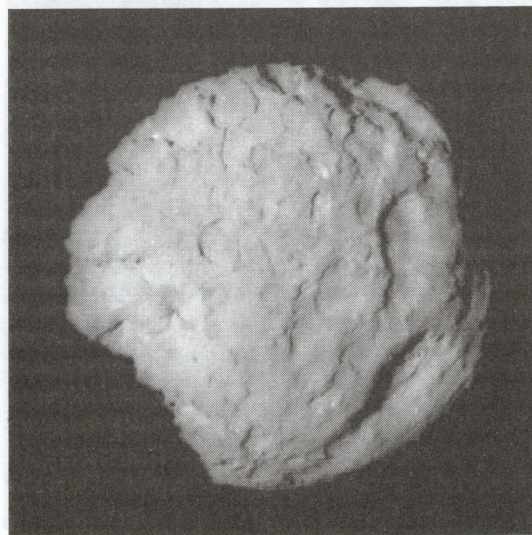
и радиодиапазонах. На снимках – множество структур, в том числе образование, по форме напоминающее наконечник стрелы (30 км в поперечнике). Его поверхность может быть покрыта 200-м наносами снега из органических веществ, плавающего в озерах жидкого ме-

тана. Зафиксированы вызванное ионизацией метана и углеводорода свечение атмосферы (толщина 700 км) и яркие пятна на поверхности Титана, указывающие на вулканические процессы; поэтому он геологически активен. При извержениях происходит выброс не раскаленной лавы, а льда, т.к. температура на спутнике слишком низка. До августа 2005 г. АМС выполнит еще 5 пролетов около Титана, чтобы выполнить гравитационные маневры по уменьшению высоты апоцентра орбиты. За это время "Кассини" пролетит 7 раз за кольца планеты, что позволит иссле-

довать их структуру. На третьем витке 24 декабря 2004 г. от АМС отделен спускаемый аппарат "Гюйгенс" (ESA) с тем, чтобы спустя три недели войти в плотную атмосферу Титана и совершить посадку на его поверхность.

К концу 2004 г. передано 40 тыс. снимков и более 15 тыс. блоков данных видового спектрометра. Программа полета

Ядро кометы Вильда-2 (слева) и карта с наименованием деталей поверхности (справа). Снимок передан АМС "Стардаст" 2 января 2004 г. Фото NASA.



Цепочка Тракт на Марсе (координаты 24.1° с.ш. и 118.3° з.д.). Цепочки хребтов сформированы вулканами, после остывания лавы и при быстром испарении льда произошли разрушительные процессы, появились котлованы. Снимок сделан 19 ноября 2004 г. АМС "Марс Одиссей". Размеры снимка 55.3 × 28.3 км, разрешение – 19 м. Фото NASA.

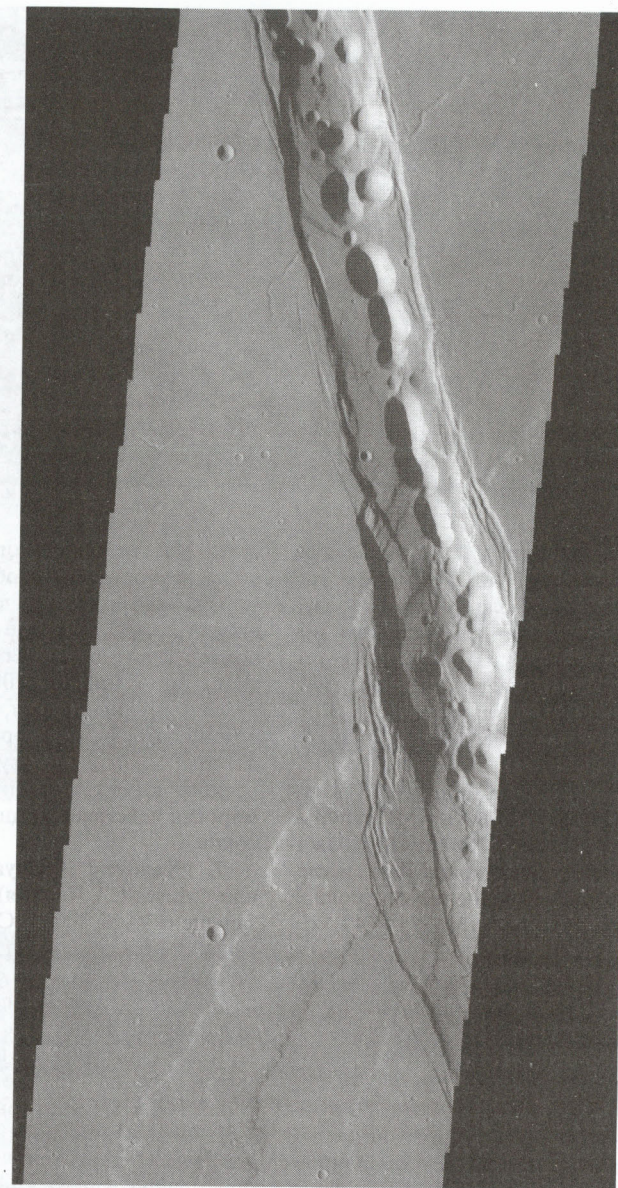
АМС рассчитана на 4 года, в течение которых она выполнит 74 витка вокруг планеты. Запланированы 45 облетов Титана, 8 пролетов на близком расстоянии и 30 дальних (менее чем 100 тыс. км) около других спутников – Энцелада, Фебы, Гипериона, Дионы, Реи и Япета.

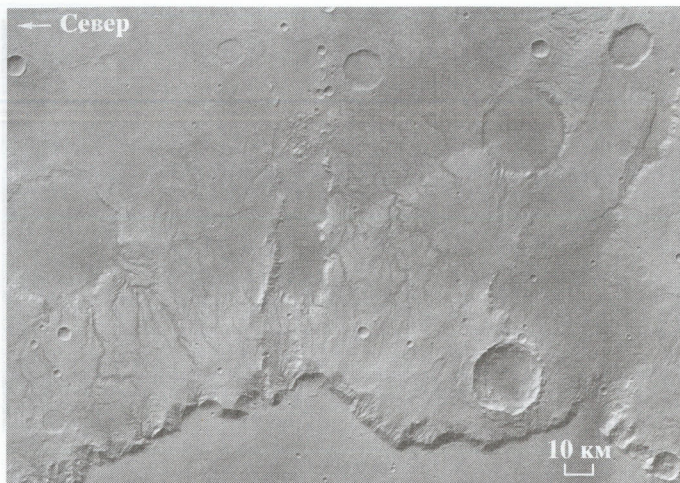
5. "Стардаст" ("Stardust", США). АМС запущена 7 февраля 1999 г. Продолжается обработка данных исследований кометы Вильда-2 (81P/Wild-2) после пролета АМС на расстоянии 236 км около ее ядра 2 января 2004 г. Ледяная поверхность кометы удивила ученых сложностью рельефа: она испещрена горами и крутыми утесами высотой более 100 м, кратерами, впадинами и трещинами глубиной до 150 м. Похоже, что не оправдывается предположение о сходстве ядер комет с загрязненным пылью пушистым снежком темного цвета. Ученые под руководством доктора Д. Броунли из Университета штата Вашингтон (Сиэтл) на основе фотографий предложили названия деталей ядра. Например, некоторые кратеры обладают углублениями в центре, в то время как другие имеют плоское дно. Один из крупных кратеров, Left Foot (Левая нога), диаметром 1 км занимает пятую часть поверхности кометы. Другая неожиданность – большая активность кометы и изобилие газовых струй (джетов) с глыбами льда (более 24), выстреливающих частицами ядра со

скоростью сотни километров в час. "Стардаст" пролетела через три огромные по высоте и мощности струи, бомбардировавшие станцию с частотой миллион частиц в секунду. В ловушку с аэрогелем удалось собрать частицы кометного вещества общей массой около 1 мг.

АМС отправилась в обратный путь к Земле. 17 октября 2005 г. состоится заключительный маневр, через 28 сут рас-

считают параметры входа в атмосферу; разделение АМС и капсулы пройдет за 4 ч до входа в атмосферу, и через 1 ч станция выполнит маневр, в результате которого она станет удаляться от Земли. Капсула со скоростью 6.4 км/с войдет в атмосферу под углом 8.2° и совершит двойное погружение в атмосферу для торможения; на высоте 3 км войдет в действие парашютная система. По пла-





ну, капсула совершит мягкую посадку 15 января 2006 г. в пустынной области штата Юта (США), т.е. через 2534 сут после старта. Привезенные образцы подвергнутся анализу в планетной лаборатории Космического центра им. Л. Джонсона NASA (штат Хьюстон).

6. "Марс Одиссей" ("Mars Odyssey", США). АМС запущена 7 апреля 2001 г. Продолжаются запланированные исследования с солнечно-синхронной орбиты высотой 385 × 401 км, наклоном 93.1° и периодом обращения 118 мин. К началу 2005 г. АМС совершила более 12 тыс. витков, выполнив основную программу, но работа продлена до сентября 2006 г., а возможно, и до 2008 г. Получено около 230 Гбит данных, это вдвое превышает запланированный объем. По данным российского гамма-спектрометра HEND установлено, что в грунте Марса водяной лед присутствует везде, а в близких к экватору районах уходит на глубину. В южных полярных областях сублимация льда из грунта сильнее, чем в северных, поэтому там постоянно существует сухой лед. Масса углекислого льда в Южной шапке почти в два раза больше, чем в Северной. Станция передала десятки тысяч снимков. Например, 30 авгу-

ста 2004 г. сделана фотография области борозды Цербера с выраженными вулканическими структурами. Другой снимок выполнен в ночное время в ИК-диапазоне (24 ноября 2004 г.) – это безымянный канал, расположенный около Тирренской пaterы, недалеко от вулканического комплекса; он сформирован действием водных потоков.

7. "Хаябуса" ("Hayabusa", или "Muses-C", Япония). АМС запущена 9 мая 2003 г. Станция для доставки образцов грунта с ближайшего к Земле астероида 1998 SF36 группы Аполлона продолжает полет по гелиоцентрической орбите с параметрами: афелий – 1.1 а.е., перигелий – 0.9 а.е., наклонение – 1.5°, период обращения – около 1.2 года. Программой "Сокол" (так переводится название АМС) предусматриваются: в июне 2005 г. полет к астероиду и выход на его орбиту, с 20 сентября 2005 г. по 10 января 2006 г. – исследование астероида, после чего капсула с образцами вещества астероида совершит обратный полет и в июне 2007 г. должна приземлиться.

8. "Марс Экспресс" ("Mars Express", ESA). АМС стартовала 2 июня 2003 г., а 25 декабря вышла на орбиту искусствен-

Восточная часть марсианского ударного кратера Гюйгенс (Huygens) диаметром 450 км в области Тирренская земля (координаты 14° ю.ш. и 61° в.д.), разрешение снимка – 70 м. Стенки кратера сильно разрушены водными потоками (внизу), видны многочисленные русла рек (в центре). Снимок сделан АМС "Марс Экспресс" в июне 2004 г. Фото NASA.

ного спутника Марса и с конца января 2004 г. начала исследовать планету. Рабочая орбита станции: высота 259 × 11 560 км, наклонение 86.6°, период обращения 7.5 ч. Программа работы рассчитана до июля 2007 г. Исследования ведутся в области метеорологии, геологии и геохимии. В сутки передается до 5 Гбит информации. Ведется съемка полос шириной 50 км с разрешением до 10 м. В полярных шапках зарегистрировано 15% водяного льда и 85% твердой углекислоты, в атмосфере – метан. Построен полный профиль плотности и температуры атмосферы на высотах 10–150 км, началось составление карты распространения в атмосфере водяного пара и озона. С 31 августа до 1 октября 2004 г. из-за соединения планеты с Солнцем связи с "Марс Экспресс" не было, но аппаратура продолжала работать.

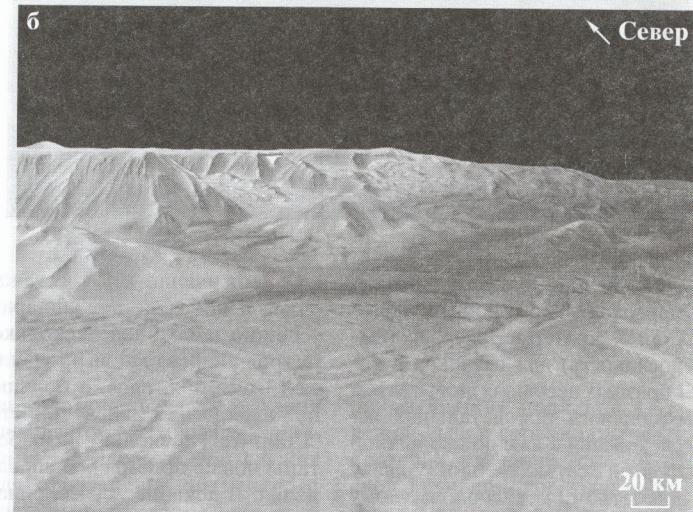
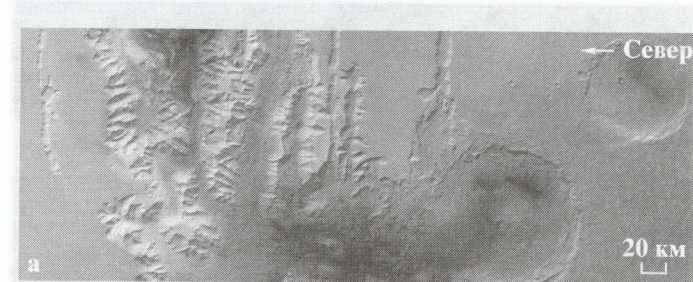
К началу 2005 г. станция провела большой комплекс исследований, передала сотни цветных и стереоскопических снимков. Например, 26 мая 2004 г. получены фотографии западной части каньонов Ио и Титона. Они входят в гигантскую систему каньонов глубиной до 5.5 км, образовавшихся в результате ряда геологических процессов – тектонических сдвигов, вулканической активности, движения ледников, водной и ветровой эрозии. Еще несколько изображений сделаны в июне – декабре 2004 г. Это ударный кратер

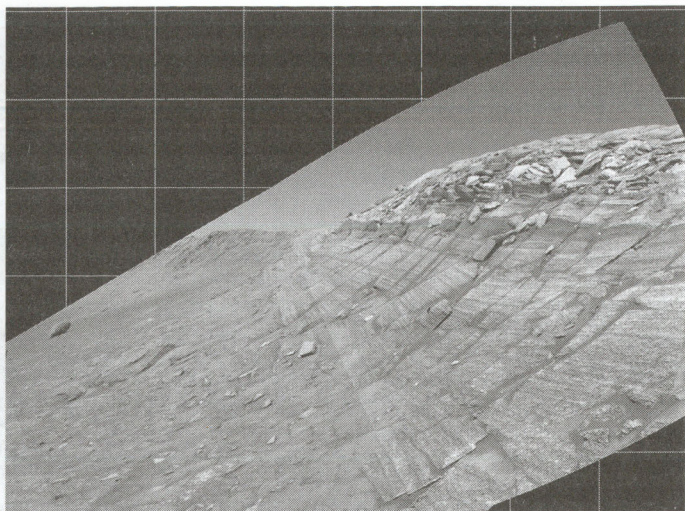
Каньон Титона (Tithonium Chasma, координаты 7° ю.ш. и 269° в.д.). На его дне шириной 30 км и глубиной 4 км обнаружена темная порода. Видны впадина и разрушенный кратер Аудеманс диаметром 120 км (в центре внизу). Снимок сделан 26 мая 2004 г. на 442-м витке АМС "Марс Экспресс" с разрешением 52 м (а), после компьютерной обработки получено его стереоизображение (б). Фото NASA.

Гюйгенс диаметром 450 км, расположенный в горной местности на юге Марса; сформирован 3.8 млрд. лет назад. Южная часть огромной системы каньонов долины Маринера – цепочка Копрат, представляющая собой цепь впадин глубиной до 8 км. В них могли быть когда-то вода или лед. 12 ноября 2004 г. с расстояния 300 км получены наиболее детальные фотографии, обращенной к Марсу стороны Фобоса с разрешением до 7 м. Зафиксировано небольшое ускорение его движения. Наиболее интересная особенность рельефа поверхности – сеть углублений, расположенных примерно на одинаковом расстоянии друг от друга. Снимки помогут ученым установить происхождение ударных кратеров, уточнить данные о форме, топографии и орбитальных параметрах Фобоса.

9. "МЭР-1 и -2" ("MER-1/2", США). Марсоходы запущены 10 июня и 25 июня 2003 г.; 4 января "Спирит" ("Spirit") и 25 января 2004 г. "Оппортьюнити" ("Opportunity") совершили мягкую посадку на Марс.

Склон кратера Эндуранс (Endurance). Видны его разрушенные структуры (на втором плане), а вблизи – дугообразные песчаные дюны (слева) и камень необычной формы с сетью трещин Уортау (справа). Снимок получен марсоходом "Оппортьюнити" 7 октября 2004 г. Фото NASA.





Утес Бёрнса (Burns) на Марсе. Справа – подвергшиеся эрозии скалистые склоны; хорошо видна структура геологических слоев. Снимок сделан марсоходом "Оппортюнити" в ноябре 2004 г. Фото NASA.

В начале августа 2004 г. марсоход "Оппортюнити" подъехал к кратеру Эндуранс (выносливость) для изучения дугообразных песчаных дюн, а затем отправился для детальных исследований к камню необычной формы с сетью трещин Ворма диаметром 1 м, расположенному на внутренних склонах утеса Бёрнса. Слои грунта имеют различия в химическом составе, содержат серу и магний, указывающие на присутствие водных растворов. Чем дольше проводится изучение этого района, тем больше получено свидетельств о существовании в прошлом на Марсе жидкой воды. Область кратера Эндуранс была когда-то влажной, затем она высохла, разрушилась и на ее месте образовалось широкое плоскогорье. 10 ноября "Оппортюнити" сумел выйти из кратера, преодолев песчаный склон. Ему помог в этом загадочный прирост получаемой от солнечных батарей энергии – с них исчезает осевшая пыль, теперь батареи работают на полную мощность. В сентябре–октябре "Спирит" поднялся выше, на холмы Колумбии, пройдя здесь более 3 км; возникли новые проблемы с системой управления – в начале октября отказал привод поворота колес, но за-

тем неожиданно ход восстановился и впоследствии аппарат успешно преодолел несколько метров. Дефект вновь проявился 13 октября, однако больше не влиял на маневренность "Спирита", поскольку разработаны новые приемы его управления. В декабре 2004 г. обнаружилось проблемы в работе штанги робота-манипулятора.

Оба марсохода хорошо пережили марсианскую зиму. Они в три раза перевыполнили программу – прошли по 5 км более чем за 300 суток. До конца 2004 г. марсоходы продолжали работать, но уже не так стабильно, как прежде.

10. "СМАРТ-1" ("SMART-1", ESA). АМС запущена 27 сентября 2003 г. Более года АМС делала витки вокруг Земли, периодически включая ионный двигатель. 15 ноября 2004 г. ее захватило гравитационное поле Луны, и АМС перешла на окололунную орбиту. Первый виток вокруг Луны завершился 19 ноября. По расчетам, выход на заданную полярную орбиту – конец февраля 2005 г. Затем АМС включит рентгеновский спектрометр и начнет составлять карту распределения химических элементов в поверхностном слое Луны. Предстоит провести съемку равнинной обла-

сти "Пик вечного света", всегда освещаемой Солнцем; она находится вблизи Южного полюса. Специалисты полагают, что эта область хорошо подойдет для постройки будущей обитаемой лунной базы. "СМАРТ-1" также займется поиском водяного льда в глубоких кратерах. И если найдет, то эту воду, возможно, лунные колонисты будут использовать для питья и производства кислорода. В марте 2005 г. АМС пройдет вблизи точки либрации L1 в 50 тыс. – 60 тыс. км от Луны. В середине 2005 г. она должна быть выведена на селеноцентрическую орбиту высотой 300 км × 10 тыс. км, после чего начнется изучение Луны по запланированной на 2.5 года программе.

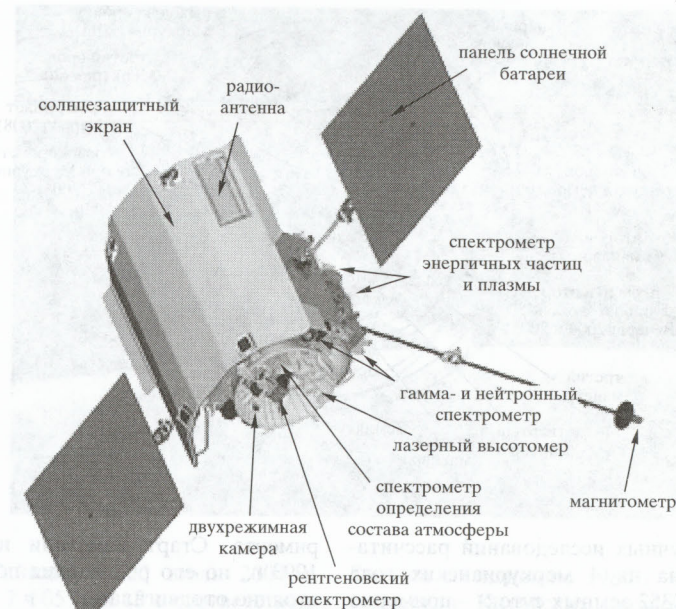
11. "Розетта" ("Rosetta", ESA). АМС запущена 2 марта 2004 г. Продолжается полет к комете Чурюмова–Герасименко, исследования которой начнется в январе 2014 г. (Земля и Вселенная, 2004, № 4). Чтобы ее достичь, планируется выполнить 5 гравитационных маневров. Первый состоится 15 ноября 2005 г., когда станция пролетит около Земли.

12. "Мессенджер" ("Messenger", США). АМС запущена 3 августа 2004 г. (Земля и Вселенная, 2004, № 6). Миссия "Мессенджер" (посланник, Mercury Surface, Space Environment and Geochemistry, Rangir – поверхность Меркурия, исследование окружающего пространства и геохимии, измерение дальности) призвана изучать Меркурий с орбиты его искусственного спутника. Первоначально ее запуск намечался на 10 марта 2004 г., достижение Меркурия – на апрель 2009 г.

Американская АМС "Мессенджер" для исследования с орбиты искусственного спутника Меркурия. Рисунок NASA.

Станция размерами 1.42 × 1.85 × 1.27 м изготовлена из композиционного графитового материала. Во избежание перегрева одна из обращенных к Солнцу сторон покрыта защитным экраном (размером 2.5 × 2 м) из стекловолоконной, а корпус укутан многослойной теплоизоляцией. Для отвода тепла также предусмотрены радиаторы охлаждения. Стартовая масса АМС – 1100 кг, из них масса топлива – 600 кг. Система энергоснабжения состоит из двух поворотных панелей солнечных батарей размером 1.5 × 1.65 м, способных вырабатывать более 2 кВт электроэнергии (на орбите Меркурия – 640 Вт). Чтобы панели не перегревались, 67% их площади покрыты оптическими рефлекторами. Двигательная установка состоит из маршевого двигателя тягой 68 кгс, 16 микродвигателей управления и 12 – контроля ориентации. Система связи из 6 радиоантенн обеспечивает передачу со скоростью до 104 кбит/с данных на Землю и прием данных со скоростью до 500 бит/с. Ориентация в пространстве производится с помощью 2 звездных датчиков, а также 4 гироскопов и 4 акселерометров. Компьютер аппарата имеет запас памяти до 1 Гб.

На станции установлено 7 приборов массой 52.2 кг, разработанных специалистами лаборатории прикладной физики Университета Дж. Гопкинса (APL), Центром космических полетов им. Р. Годдарда, Университетами штатов Мичиган и Колорадо. Двухрежимная камера на ПЗС-матрице с полем обзора 10.5° работает в диапазоне 400–1100 нм; предназначена для топографической съем-



ки и детального исследования ландшафта Меркурия. Рентгеновский спектрометр служит для определения элементного состава поверхностного слоя планеты с разрешением 200–1000 нм. Гамма-спектрометр и нейтронный спектрометр предназначен для регистрации нейтронов и гамма-лучей с целью картографирования химического состава. Спектрометр энергичных частиц и плазмы изучает состав и распределение энергии заряженных частиц в магнитосфере планеты. Спектрометр УФ- и видимого диапазона определяет состав атмосферы и поверхности. Лазерный высотомер проводит высокоточную картографическую съемку поверхности. Трехкомпонентный магнитометр на штанге длиной 3.6 м регистрирует магнитное поле Меркурия, его структуру и динамику. На орбите Меркурия предполагается провести радиоэксперимент для измерения гравитационного поля и размеров ядра. Предусматриваются определение массы и состояния ядра, напряженности и структу-

ры магнитного поля, поиск залежей льда и серы в полярных кратерах, изучение тектонической активности и взаимодействия магнитного поля с солнечным ветром. Научным руководителем проекта назначен доктор Ш. Соломон из Института Карнеги в Вашингтоне.

24 августа 2004 г. АМС выполнила первую коррекцию траектории полета (запланированы еще 6 маневров). За время полета к Меркурию она преодолеет 7.9 млрд. км и сделает 15 витков вокруг Солнца. 1 августа 2005 г. станция пролетит на расстоянии 2866 км от Земли. Затем дважды пройдет вблизи Венеры – 24 октября 2006 г. на расстоянии 3612 км, 6 июня 2007 г. – 300 км. Спустя полгода выполнит маневры на высоте 200 км от Меркурия – 15 января, 6 октября 2008 г. и 30 сентября 2009 г. Четвертый раз она пролетит около планеты 18 марта 2011 г., проведя тормозной импульс. "Мессенджер" выйдет на орбиту с параметрами: высота 200 × 15193 км, наклонение 80°, период обращения 720 мин. Программа на-



учных исследований рассчитана на 4 меркурианских года (352 земных суток) – примерно до конца 2012 г.

II. ЗАПУСКИ НАУЧНЫХ СПУТНИКОВ*

1. “Гравити Проуб-Б” (“Gravity Probe-B”, США)

стартовал 20 апреля 2004 г. с космодрома Канаверал с помощью ракеты-носителя “Delta-2” в 16 ч 57 мин 23 с*. КА вышел на околоземную полярную орбиту высотой 634 × 652 км, наклонением 90° и периодом обращения 97.6 мин. Цель запуска – проверка некоторых эффектов общей теории относительности А. Эйнштейна. Для этого в 1964 г. разработан проект КА, в 1973 г. NASA стало финансировать программу. 18 июня 1976 г. запущен КА “Гравити Проуб-А” по суборбитальной траектории на высоту 10230 км. На нем с помощью сверхточных водородных мазерных часов по мере удаления от Земли регистрировалось замедление хода часов (на 7×10^{-10} с). В 1980 г. принято решение о проведении нынешнего орбитального экспе-

римента. Старт наметили на 1993 г., но его реализация постоянно отодвигалась.

Конструкция КА предусматривает максимально возможную степень компенсации всех гравитационных, атмосферных и магнитных возмущений, воздействующих на научную аппаратуру. Стартовая масса – 3100 кг, длина – 6.43 м, диаметр – 2.64 м. Главная часть КА – сосуд Дьюара (диаметром 2.64 м и длиной 2.74) с 2441 л жидкого гелия, хранящегося при температуре 1.8 К. Чтобы испаряющийся гелий не влиял на полет, его стравливают через 8 пар сопел. Система энергоснабжения состоит из четырех панелей солнечных батарей мощностью 606 Вт и двух аккумуляторных батарей общей емкостью 70 А · ч.

Внутри сосуда Дьюара помещены измерительные приборы и 4 гироскопа, представляющие собой кварцевый блок, соединенный для построения ориентации КА на опорную звезду с телескопом. Это телескоп-рефлектор системы Кассегрена с зеркалом из гомогенного плавленого кварца диаметром 142 мм (апертура 139.7 мм), фокусным расстоянием 3.81 м

Траектория полета “Мессенджера” к Меркурию. Рисунок NASA.

и полем зрения 1'. Сверхпроводящие квантовые интерференционные приборы (магнитометры) жестко связаны с телескопом и измеряют магнитный момент; они способны обнаружить изменение ориентации всего на 10^{-3} с! Телескоп улавливает отклонение от опорной звезды с точностью до 0.02". Опорной звездой выбрана одна из звезд Пегаса (5.85^m), которая находится в 300 св. годах от Солнца и лежит в плоскости его орбиты. Аппаратура производит гравиметрические измерения с погрешностью 0.01%. Работа рассчитана на 1.5 года, стоимость проекта – 727 млн. долларов.

2. “Аура” (“AURA”, США), 15 июля 2004 г. с космодрома Ванденберг в 10 ч 02 мин РН “Delta-2” запустила ИСЗ “Аура” для контроля за состоянием озонового слоя Земли, загрязнения воздуха, а также для изучения климатических изменений. Спутник вышел на солнечно-синхронную орбиту высотой 669 × 987 км, наклонением 98.2° и периодом обращения 98.36 мин. КА включен в программу “Система наблюдения Земли” (EOS), в рамках которой ранее были запущены спутники “Terra” (1999 г.) и “Aqua” (2002 г.). Разработкой спутника и научных приборов занимался Центр космических полетов им. Р. Годдарда NASA. Стоимость проекта – 785 млн. долларов.

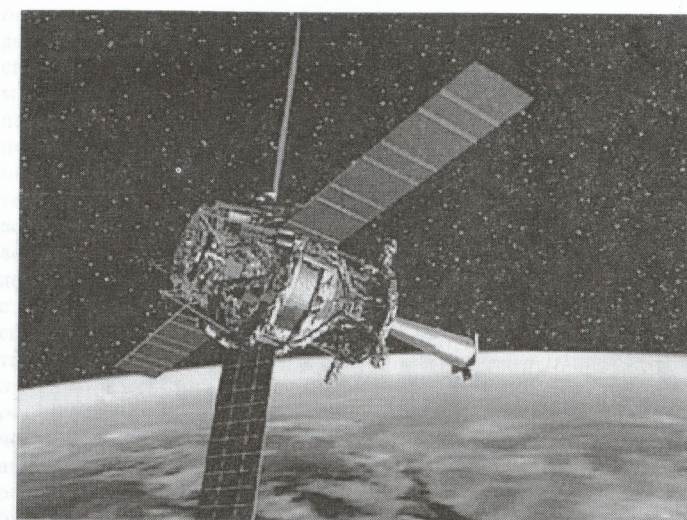
Размеры конструкции – 2.7 × 2.28 × 9.1 м (с раскрытой панелью солнечной батареи – 17.37 м), стартовая масса – 2967 кг, из них 1200 кг – научная аппаратура. Служебные системы спутника находятся на

ИСЗ “Гравити Проуб-Б” (США) на орбите. Рисунок NASA.

внутренних частях панели силовой конструкции, а приборы – снаружи. Энергоснабжение осуществляется от солнечной батареи мощностью 4.6 кВт и 24 никель-водородных аккумуляторов. Память компьютера – 100 Гбит. Система ориентации использует силовые гироскопы с магнитной разгрузкой, обеспечивая наведение аппаратуры с точностью до 1". С целью коррекции орбиты используются четыре микродвигателя тягой по 0.45 кГс.

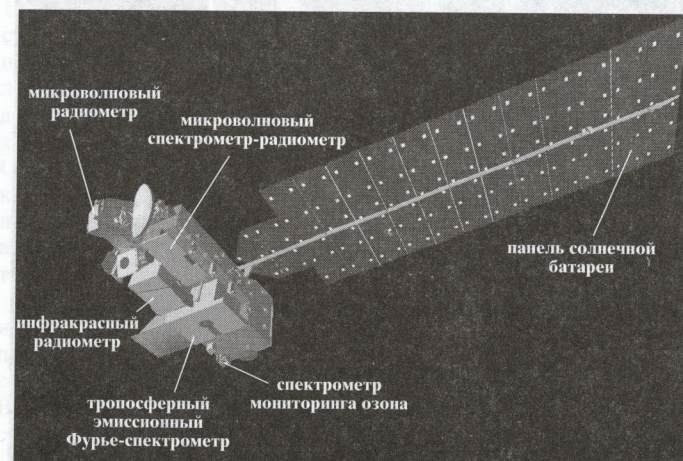
На КА установлены четыре научных прибора. Инфракрасный радиометр высокого разрешения со сканером, измеряющий температуру и концентрацию газовых примесей и аэрозолей в верхней атмосфере. Работающий в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах микроволновый радиометр (спектрометр) измеряет концентрацию химических соединений, разрушающих озон верхней атмосферы, а также примеси в ледяных облаках и вулканических выбросах. Спектрометр мониторинга озона измеряет отраженное и рассеянное излучение в атмосфере в ультрафиолетовом и видимом диапазонах. Тропосферный эмиссионный Фурье-спектрометр регистрирует тепловое излучение поверхности Земли и определяет концентрацию в тропосфере озона и других газов. Расчетный срок работы КА “Аура” – 6 лет.

3. “Тань Цэ-1 и -2” (“Tan Ce-1/2”, КНР) запущены ракетой-носителем “CZ-2C” с китайских космодромов: Сичан – 29 декабря 2003 г. в 3 ч 06 мин и



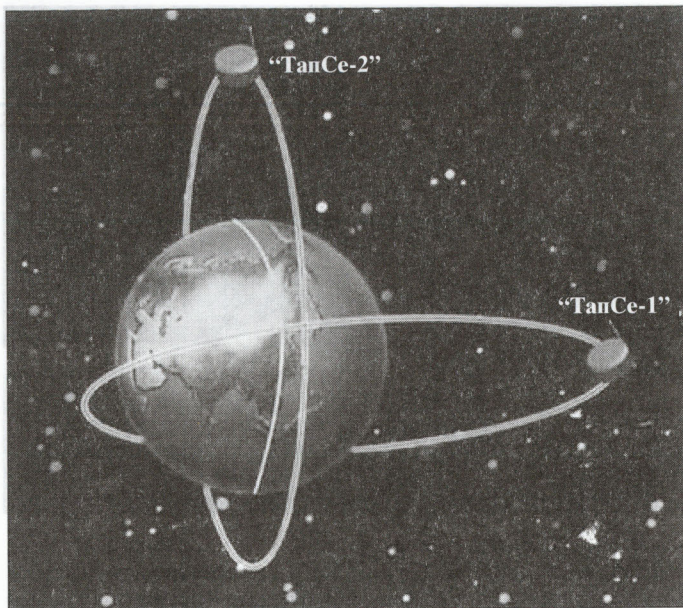
Тайюань – 25 июля 2004 г. в 7 ч 05 мин 18 с соответственно. “Тань Цэ-1” (исследование) вышел на орбиту высотой 505 × 66 970 км, наклонением 28.23° и периодом обращения 1643.3 мин. Высота апогея оказалась больше, чем планировалось, однако это не помешало проведению научных исследований. Параметры орбиты “Тань Цэ-2”: высота – 681.7 × 38 279 км, наклонение – 90.1° и период обращения – 695.2 мин. Запуски осуществлены в рамках международной программы по изучению солнечно-земных связей и магнитосферы Земли “Двойная звезда” (Double

Star) по соглашению 1980 г. – совместно Китайским национальным космическим агентством (CNSA) и ESA. Оба спутника работают с квартетом европейских научных спутников “Кластер-2”, запущенных в июле–августе 2000 г. (Земля и Вселенная, 2001, № 5). Научные задачи программы: исследование магнитопазы и магнитного хвоста магнитосферы, поиск места возникновения магнитосферных бурь и суббурь, изучение физических процессов в магнитосфере, регистрация временных вариаций в системе токов в магнитном поле Земли. Результаты исследова-



Американский спутник наблюдения Земли “Аура”. Рисунок NASA.

* Продолжение. Начало см.: 1996, № 3; 1997, № 2; 2000, № 4; 2001, № 5; 2002, № 1; 2003, № 1; 2004, № 1, 3.
** Здесь и далее время дано по Гринвичу.



Китайские научные ИСЗ "Тань Цэ-1 и -2", обращающиеся на различных орбитах. Рисунок CNSA.

ний позволят приблизиться к решению ряда практических задач. В первую очередь, это прогноз состояния магнитосферы (космическая погода) и обеспечения радиационной безопасности во время пилотируемых полетов.

Космические аппараты имеют форму цилиндра диаметром 2.1 м и высотой 1.4 м (вместе

со штангами научной аппаратуры – 8.3 м); масса каждого аппарата – 350 кг. В состав научной аппаратуры на первом КА включено 5 приборов ESA и 3 – КНР, на втором – 3 европейских и 5 китайских. На "Тань Цэ-1" установлены детекторы энергичных электронов и протонов, детектор тяжелых ионов, магнитометр, аппаратура

для исследования плазмы электронов и токов, анализатор горячих ионов, пространственно-временной анализатор флуктуаций поля, анализатор активного контроля потенциала. На "Тань Цэ-2" находится: аппаратура для получения изображения нейтральных атомов, магнитометр, аппаратура для исследования плазмы электронов и токов, детекторы тяжелых ионов и ионов низких энергий, электромагнитных волн низкой частоты, электронов и протонов высоких энергий. Приборы подготовлены учеными Австрии, Англии, Франции, Ирландии и Китая. В программе "Двойная звезда" участвуют также ученые Венгрии, Индии, Израиля, Канады, России, США и Японии. Стоимость запуска спутников составила около 50 млн. долларов.

4. "Свифт" ("Swift", США) стартовал 20 ноября 2004 г. в 16 ч 16 мин с 17-го стартового комплекса ВВС космодрома на мысе Канаверал. Обсерватория выведена на круговую орбиту высотой около 600 км, наклонением 28° и периодом обращения 96 мин. Получила название мелкой птички из семейства стрижей из-за быстроты перемещения в пространстве. "Свифт" должна обнаруживать гамма-вспышки и быстро определять их координаты, регистрировать с хорошим разрешением жесткое гамма-излучение и идентифицировать происхождение событий.

На ИСЗ массой 350 кг и размерами 1.25 × 1.4 × 1.6 м установлено три прибора. Теле-

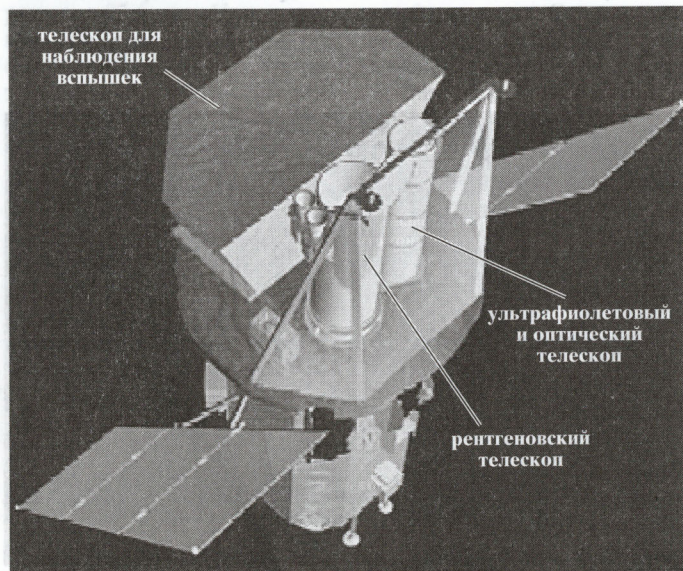
скоп вспышечной активности сможет обнаруживать около 100 вспышек гамма-излучения в год; его второе назначение – полный обзор неба в жестком рентгене. Телескоп следит за вспышками гамма-излучения по всему небу, одновременно каждые 5 мин накапливаются данные для получения рентгеновских карт. По сравнению с обзором неба в 1970-х гг., новая карта рентгеновских источников будет с более высоким (в 20 раз) разрешением. Рентгеновский телескоп будет получать изображения и измерять мощность и спектры источников низких энергий в течение времени послесвечений, следующее за вспышками гамма-излучения, а также определять их точное местоположение. Для понимания физики явлений ультрафиолетовый и

оптический телескоп произведет съемку вспышек и получит спектры послесвечений в видимом и ультрафиолетовом диапазонах. Спектры вспышек используются в том числе и для определения расстояния до источника. Можно обнаруживать вспышки в течение 10 с, производить их локализацию, определять их координаты с точностью 0.3–5" для каждого всплеска! За 15 с данные о координатах будут передаваться на Землю в Службу оповещения для раннего наблюдения послесвечений. Спутник за 20–75 с будет автоматически наводиться на область всплеска и вести наблюдения источника во всех доступных его приборам спектральных диапазонах, сразу измеряя их красное смещение. Одновременная работа трех телескопов позволит наблю-

дать вспышечные явления во всех диапазонах волн. В создании приборов помимо специалистов NASA приняли участие британские и итальянские ученые. Программа рассчитана на 2 года, за которые "Свифт" сможет исследовать более 200 гамма-вспышек (раз в 3 сут). Стоимость проекта – 250 млн. долларов.

По материалам NASA, JPL, ESA, Astrium, ISAS, NASDA, Центра космических полетов им. Р. Годдарда, информагентств, интернет-сайтов "Астронет" и "Space News", журналов "Spaceflight" и "Новости космонавтики" за 2004–2005 гг.

С.А. ГЕРАСЮТИН



Информация

Наблюдения болидов с ИСЗ

В настоящее время важное значение приобрела проблема астероидно-кометной опасности (Земля и Вселенная, 2000, № 2). Известный специалист по метеорной астрономии и метеоритике, член комитета по метеоритам РАН Р.Л. Хотиник, сотрудник Института динамики геосфер РАН О.П. Попова и сотрудник ГАИШ МГУ В.Ю. Клыков анализируют в статье, опубликованной в Интернете на сайте ГАИШ, возможности опасного сближения с Землей достаточно крупных небесных тел (размерами в десятки или даже сотни метров), падение которых на нашу планету способно вызвать глобальную катастрофу.

Сейчас большой интерес представляют оценка притока метеорного вещества на Землю и Луну, распределение его в Солнечной системе, эволюция метеорных роев. Важную роль в этих исследованиях играют наблюдения ярких болидов и метеоров с помощью ИСЗ. Авторы подробно рассматривают этот метод. Р.Л. Хотиник в 1979 г. впервые сформулировал задачи и основные этапы наблюдений ярких болидов из космоса (Метеоритика, вып. 38, 1979, с. 104–105). В 1994 г. геостационарные спутники США начали фиксировать яркие болиды (–17^м и ярче). Таких болидов регистрируется несколько десятков в год. На спутниках США установлены датчики, которые определяют светосилу вспышки и ее изменение во времени в инфракрасном и оптическом диапазонах.

Данные наблюдений в течение нескольких лет передавались в Институт динамики геосфер (ИДГ РАН, Москва). В этом Институте под руководством профессора И.В. Немчи-

нова были разработаны новые методики определения параметров (размер, масса и частота падений) метеороидов, основанные на анализе кривых блеска.

Надежная статистика вхождения крупных болидов в атмосферу Земли необходима для более точной оценки астероидно-кометной опасности. Наблюдая физические и динамические характеристики кометных и астероидных болидов, можно оценить отдельно кометную и астероидную опасности.

Авторы привели интересные подробности, связанные с явлением некоторых очень ярких болидов, зарегистрированных из космоса, и падением метеоритов, начиная с 1994 г., таких как метеорит Сент-Роберт (Канада, 1994 г.), Витимский болид (Россия, 2002 г.; Земля и Вселенная, 2004, № 5) и других.

"Наблюдение болидов из космоса и проблема астероидной опасности" (www.astronet.ru)

Астрофизическая обсерватория "Свифт" (США). Рисунок NASA.

Московскому планетарию – 75 лет

В начале ноября 2004 г. в Москве более чем скромно отметили 75-летие главного Звездного дома нашей страны.

5 ноября 1929 г. была прочитана первая лекция в только что открывшемся Планетарии, строительство которого началось в сентябре 1928 г. (по проекту совсем молодых в то время архитекторов М.О. Барща и М.И. Синявского). Московский планетарий не был первым в мире: уже работали планетарии в Германии, Вене и Риме. Оптический аппарат “планетарий”, по названию которого стали называться и соответствующие научно-просветительские учреждения, был впервые построен в 1924 г. на заводе Цейса (проект инженера Бауэрсфельда, Германия). Такой аппарат (“Большой Цейс” первого поколения) купили для Московского планетария в очень трудные для России годы.

В настоящее время “планетаростроение” активно развивается в десятках стран мира, причем в их столицах и крупных городах уже используются новейшие боль-

шие оптические аппараты (например, 9-я модель Цейса – “Универсариум”; а также аппараты, создаваемые в Японии и других странах). По некоторым оценкам, общее число планетариев в мире превышает 2000, из которых примерно половина размещается в школах, колледжах и университетах; более пятой части связаны с музеями, обсерваториями и т.д.

Отмечая 75-летие Московского планетария, мы пока можем гордиться лишь его уникальным 26-метровым куполом, недавно поднятым почти на 6 м в ходе продолжающейся и по сей день реконструкции Звездного дома. 10 лет Московский планетарий, являвшийся замечательной достопримечательностью города и центром огромной научно-просветительской и учебной работы, был закрыт. 10 лет его не посещали “пролетарии и пролетарки”, инженеры и ученые, школьники и студенты.

А ведь мы все время вспоминаем и те, уже далекие от нас, годы, когда в Планетарии обсуждали свои проблемы пионеры

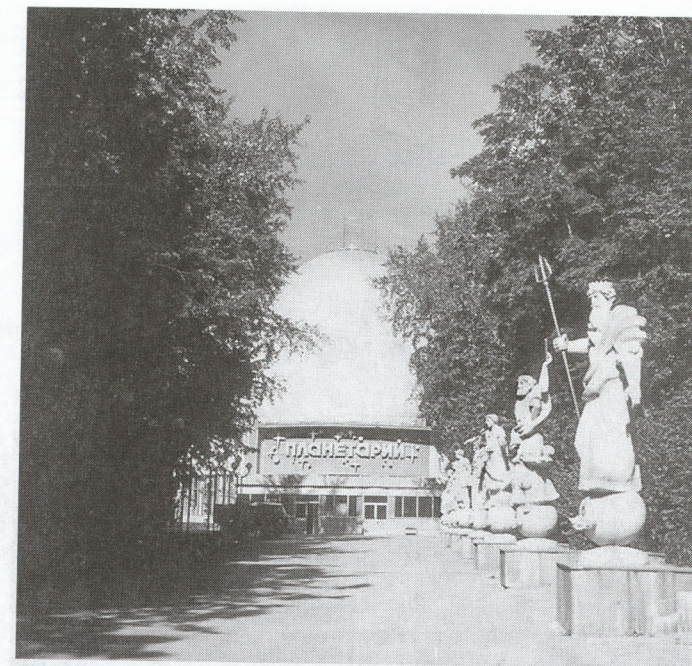
отечественной космонавтики, выступали с лекциями светила советской астрономии, приходили молодые люди, оказавшиеся, как потом выяснилось, будущими космонавтами... Воспоминать славные страницы истории Планетария помог многим документальный фильм “Московский планетарий” (автор сценария И.А. Микитасов), который увидели телезрители канала “Культура” 28 ноября 2004 г. В фильме хорошо показана выдающаяся роль бывших директоров-астрономов Звездного дома – К.Н. Шистовского (первого директора Планетария) и К.А. Порцевского. Но, к сожалению, там почему-то не отмечена роль ученого совета Планетария, хотя он уже в новом составе собирался в 2004 г., и на этом заседании присутствовали известные астрономы и ветераны Планетария. Это упущение столь очевидно, что создается впечатление, будто бы фильм был показан в сокращенном варианте.

Моя жизнь, как и жизнь многих бывших кружковцев Московского планетария и наших планетарских

Таким был привычный вид Московского планетария до начала реконструкции.

учителей, среди которых Ф.Ю. Зигель, К.А. Порцевский и ряд других, была неразрывно связана со Звездным домом, в котором мы учились, работали экскурсоводами на Астрономической площадке и в фойе Планетария, а затем некоторые из нас стали лекторами Большого зала. С гордостью и, конечно, с грустью вспоминаются годы, когда администратор сообщал о том, что билеты на лекции или абонементы на мои циклы лекций полностью проданы. И уж никогда не забыть те лекции, на которые приходилось продавать до 600 билетов при 500 мест в Большом зале (сейчас это трудно вообразить, но ведь было так, что около 100 человек соглашались стоя слушать лекцию!).

В памяти сторожилов Планетария навсегда остались не только годы, связанные с ним, но и отдельные дни. Таким, например для меня, стал день полета Ю.А. Гагарина. О том, что исторический полет успешно состоялся, я услышал, когда шел по улице. Вектор моего движения резко изменился – я побежал в Планетарий. В Звездном зале люди, ничего не подозревающие о полете Гагарина, спокойно слушали лекцию на совершенно другую тему. Мне удалось в полной темноте пробрать-

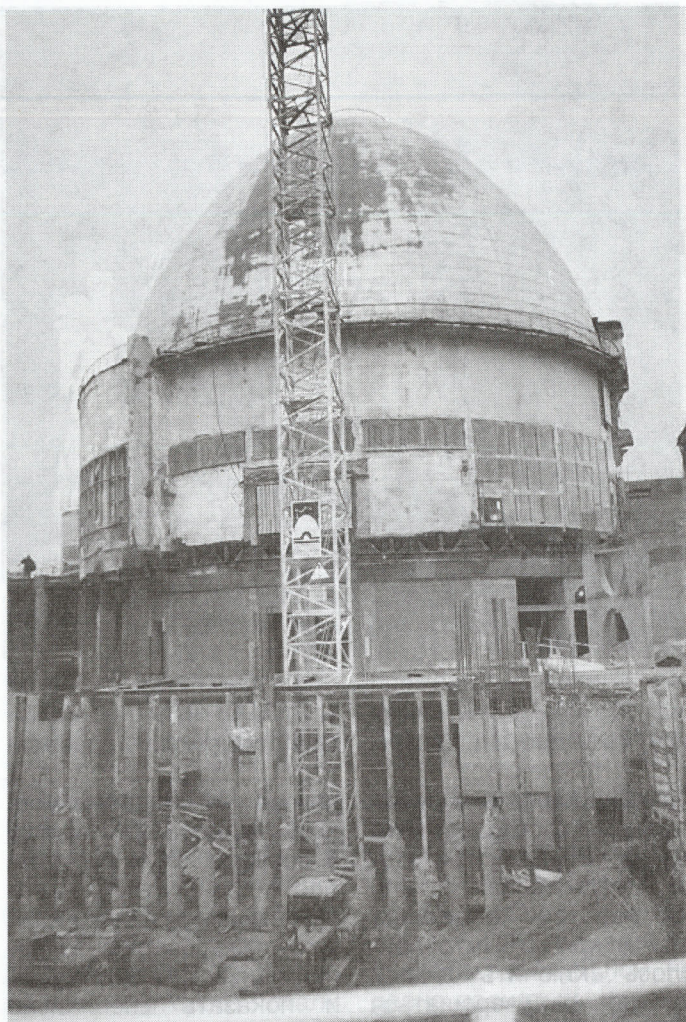


ся к кафедре и шепотом уговорить лектора передать микрофон для очень важной информации. Что там началось!.. Посетители Звездного зала стали так неистово аплодировать и кричать, что пришлось включить свет и больше не возвращаться к теме лекции... А вечером в Центральном Доме журналистов можно было услышать такую шутку: “Не успел Юрий Левитан объявить всему миру о первом полете в космос, как молодой лектор Московского планетария Ефрем Левитан радостно сообщил об этом посетителям Звездного дома”...

Невозможно было свыкнуться с мыслью, что Планетарий закрыт. Но и после того, как его закрыли, он все-таки продолжал жить: посетителей приглашали на экскурсии в ас-

трономическую обсерваторию, лекторы читали “выездные” лекции в московских школах и музеях. В середине 90-х мне удалось прочитать лекцию в Звездном зале, который уже стал совершенно непригодным для этой цели, и показать специально привезенным туда моим 150 ученикам из школы “Премьер” звездное небо. Они вспоминают и звездное небо, и то, о чем рассказывал лектор, и скамейки, которые принесли в Звездный зал, поскольку кресел в нем уже не было. Лекция их изумила настолько, что они помнят о ней спустя десятилетие.

Постепенно подобного рода мероприятия стали проводиться в Звездном зале все реже и реже: Планетарий готовился к своей великой перестрой-



Вид здания возрождающегося Планетария в день 75-летнего юбилея. Фото В.В. Шевченко.

ке, иногда довольно необычно напоминая о себе. Думаю, что даже в страшном сне "отцы Планетария" В.А. Шишаков и И.Ф. Шевляков не могли бы вообразить Планетарий в виде огромного "Пасхального яйца", в которое с некоторых пор стали ежегодно превращать "здание-ракеты". Во что же именно и, главное, в чьих интересах превратится один из "оплотов атеизма", некогда успешно формировавший научное мировоззрение

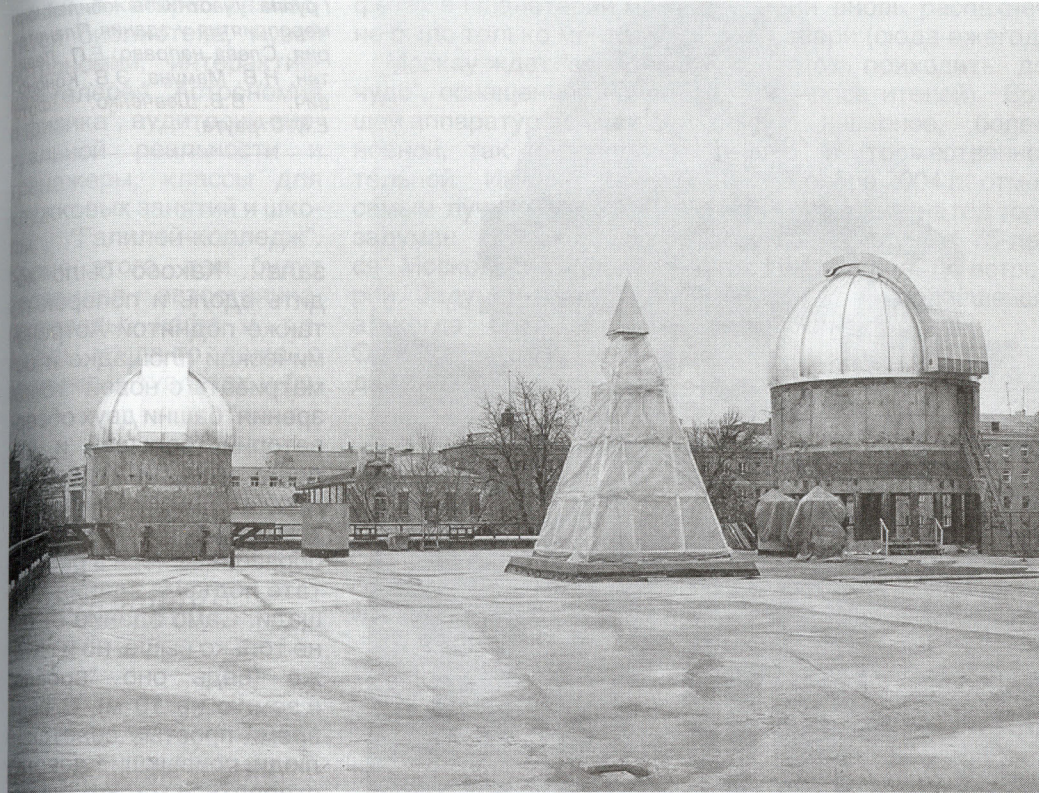
на основе достижений астрономии, наук о Земле и космонавтики?

В последние годы в России возрождены и вновь построены десятки тысяч храмов, призванных удовлетворять духовные потребности верующих. Зачем добавлять к их числу Планетарий в образе какого-то "научно-религиозного учреждения"? Популяризаторы достижений науки XXI в. и служители культа решают, как известно, разные задачи. По-

этому пропаганда астрономии и космонавтики в храмах столь же неуместна, как какая-либо религиозная символика и риторика в стенах Планетария. Двери Звездного дома будут широко открыты для всех, кто захочет его посетить, желая узнать новое и интересное в науке о Вселенной.

И пусть данную потребность (тоже духовную, поскольку речь идет о понимании связи человека с Вселенной) поможет в максимальной степени удовлетворить Планетарий. Именно в этом состоит главная задача возрождающегося сейчас в Москве Звездного дома как "культурно-просветительского и астрономического центра".

Закрытый на многие годы Планетарий — это не только потеря одной из жемчужин Москвы, но и "обезглавливание" деятельности десятков планетариев в других городах России (существованию многих из периферийных планетариев сейчас трудно позавидовать!). И это все на фоне невиданного расцвета астрономии, наук о Земле и космонавтики! Но при этом и на фоне невиданного разгула астрологии, уфологии, магии и колдовства... Обо всем этом можно говорить бесконечно, но главное уже ясно всем: необходимо возрождение Планетария,



К юбилею Планетария на территории новой Астрономической площадки воздвигнуты две новые башни обсерватории и пирамида для маятника Фуко. Фото А. Лобанова.

которым сейчас озабочены астрономическая общественность и городские власти. Жаль, что оно, это возрождение, затянулось на годы.

Еще в 2002 г. Правительство Москвы и Программа развития ООН подготовили стостраничный документ "Разработка и реализация программы по созданию культурно-просветительского и астрономического центра на базе планетария в городе Москве". Это детально

разработанный Проект реконструкции Планетария, включающий все ее основные аспекты (методологические, технические, управленческие, юридические, коммерческие и т.д.). Участвуя в разработке Проекта, я, как и мои коллеги, надеялся, что уже в 2002 г. развернутся строительные работы, но по ряду причин они начались значительно позднее. Не удалось открыть Планетарий и к его 75-летию.

Основная часть всего Проекта — "Комплексная реконструкция, реставрация и переоборудование Московского планетария". Она была разработана по заказу Акционерного общества "Московский

планетарий" (в нем 61% акций принадлежит г. Москве). Решение, найденное архитекторами А.В. Анисимовым и О.С. Семеновым, высоко оценил Союз архитекторов на смотре лучших произведений. Важно, что "Проект реконструкции" разрабатывался на основе учета опыта создания и функционирования нескольких десятков лучших планетариев мира.

Летом 2003 г. представление о будущем Московском планетарии давали лишь макеты, чертежи и тексты документов, а в день его 75-летия собравшиеся стали участниками экскурсии, которую И.А. Микитасов, нынешний директор Планетария, провел по грандиозной ново-



Группа участников юбилейного мероприятия у здания Планетария. Слева направо: Е.П. Левитан, Н.В. Мамуна, Э.В. Кононович, В.В. Шевченко. Фото Е.К. Страута.

зале... Каково было ходить вдоль и поперек по также поднятой Астрономической площадке и осматривать с новой "точки зрения" башни двух обсерваторий (большой и малой)... И.А. Микитасов подробно рассказывал о том, чем будут заполнены образовавшиеся в результате подъема здания площади. Само здание стало не только выше, но и глубже (ведь оно "вросло" в землю на 10 м). В свое время простые советские люди, привыкшие довольствоваться малым, не испытывали дискомфорта от отсутствия элементарных удобств в Планетарии. Но "нынешнему поколению" нужен не только роскошный Большой зал, но и множество малых залов и других поме-

стройке, являющей собой возрождающийся Звездный дом. Каково было прогуливаться по полу поднятого на 6 м фойе, где некогда толпились люди, рассматривающие экспонаты в ожидании начала лекции в Большом

Председатель Общества "Знание" России академик Г.И. Марчук обращается с приветственным словом к директору Московского планетария И.А. Микитасову. Фото В.В. Шевченко.



щений, в которых разместятся библиотека, музей астрономии, интерактивная галерея "Астрономия и физика", аудитории виртуальной реальности и тренажеры, классы для кружковых занятий и школы "Галилей-колледж". Кроме этого, там будут подземная автостоянка, рестораны, кафе и т.п. А ведь когда-то даже о приличных туалетах и бу-

фетах в Планетарии можно было только мечтать! Москву ждет "звездное чудо", оснащенное новейшей аппаратурой – как основной, так и вспомогательной. Именно таким, самым лучшим в мире (!), задуман возрождающийся Московский планетарий. Задуман-то задуман, а когда его построят? Обещают, что, может быть, даже в конце 2005 г. Пла-

нетарий вновь распахнет свои двери (сюда ежегодно будет приходить до 3 млн. посетителей). Вот тогда, наверное, более пышно и торжественно, чем в ноябре 2004 г., отметят отложенное на год торжество по случаю 75-летия Планетария. До встречи во вновь родившейся жемчужине столицы!

Е.П. ЛЕВИТАН

Информация

Исследование Земли из космоса

1–18 ноября 2004 г. в Институте космических исследований РАН (Москва) состоялась вторая открытая Конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". На ней рассмотрены физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, в особенности потенциально опасных явлений и объектов. Было представлено около 100 пленарных секционных докладов российских и иностранных ученых и столько же стендовых. В своем приветствии глава постоянного представительства Европейского космического агентства в России Ален Фурнье-Сикр подчеркнул плодотворность международного сотрудничества при исследовании нашей планеты с космических аппаратов. Он рассмотрел перспективы сотрудничества Европы и России в обла-

сти дистанционного зондирования Земли.

На 2005 г. намечено провести представительную встречу сторон для обсуждения совместных проектов.

Программа российской системы спутникового мониторинга изложена в докладе члена-корреспондента РАН Г.М. Чернявского. Частные вопросы этой программы рассмотрены в пленарных докладах, посвященных развитию метеорологической глобальной спутниковой системы, использованию ее для радиофизического зондирования Земли из космоса, исследованию твердой Земли и ее океанов. В рамках Конференции состоялся семинар в поддержку Инициативы Партнерства в области наук о Земле в Северной Евразии (NEESPI).

На Конференции работали 8 секций, на которых рассматривались создание и использование приборов и систем для спутникового мониторинга состояния окружающей среды, его методы, алгоритмы и технология, результаты дистанционных исследований поверхности океана, ледяных, растительных и почвенных покровов, атмосферных и климатических процессов. Секция "Спутниковые

методы в геологии и геофизике" рассмотрела возможности предоставляемые космическим зондированием при поисках месторождений полезных ископаемых. С орбитальных ИСЗ обнаружена связь распространения полезных ископаемых с метеоритными структурами. Дистанционные наблюдения со спутников используются при определении скоростей движения литосферных плит и процессов исследования неотектоники. Несколько докладов было посвящено различным аспектам использования спутникового мониторинга для обнаружения пожарной опасности в лесах Северной Евразии. В докладе академика В.М. Котлякова и Л.В. Десинова говорилось об особенной эффективности соединения дистанционных экологических исследований со спутников по специальным приборам с наземными наблюдениями и фотографированием земной поверхности космонавтами Международной космической станции.

На Конференции принято решение и в дальнейшем интенсивно развивать исследование различных сторон природы Земли во время орбитальных полетов вокруг нашей планеты.

Дистанционное управление луноходами и планетоходами

Более 30 лет назад советские самоходные аппараты “Луноход-1” и “Луноход-2” успешно выполнили большой комплекс исследований на поверхности Луны. Экипаж управлял луноходами с Земли. Своими воспоминаниями об этом делится один из участников, водитель луноходов, почетный член РАКЦ, член-корреспондент Международной инженерной академии, заслуженный испытатель космической техники, кандидат военных наук В.Г. Довгань.

Важным этапом в изучении Луны стало создание и запуск **лунных самоходных аппаратов**. Очевидное преимущество управляемых с земли планетоходов состоит прежде всего в том, что они могут длительное время функционировать в экстремальных условиях открытого космоса на поверхности другого небесного тела.

Решение о полете к Луне и высадке советских космонавтов на ее поверхность принято 3 августа 1964 г. секретным постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР “О работах по исследованию Луны и космического пространства”. 27 апреля 1966 г. Комиссия при Президиуме СМ СССР по военно-промышленным вопросам (высший правительственный орган, контролировавший работы по космическим программам) выпустила постановление “Об утверждении пла-

на работ по созданию пилотируемых кораблей 7К-Л1” (в 1968–1970 гг. космические корабли “Зонд” в автоматическом режиме совершили облеты Луны). В программе участвовало около двух тысяч предприятий и организаций страны. Согласно графику лунных экспедиций и доставки самоходных аппаратов на лунную поверхность, запуск корабля с советскими космонавтами для облета Луны планировался на первое полугодие 1967 г. (Земля и Вселенная, 1993, №4, 5).

Идея создания **лунохода** родилась в 1965 г. в ОКБ-1 (ныне РКК “Энергия” им. С.П. Королёва). В рамках советской лунной экспедиции луноходу отводилось немаловажное место. Два лунохода должны были детально обследовать предполагаемые районы прилунения и выполнять роль радиомаяков при посадке лунного корабля. Планировалось использовать луноход еще и для транспортировки космонавта на поверхности Луны.

Создание лунохода было поручено ОКБ-301 (ныне НПО им. С.А. Лавочкина; Земля и Вселенная, 1997, №4) и ВНИИ-100 (ныне ОАО “ВНИИТрансмаш”). К концу 1967 г. под руководством Главного конструктора Г.Н. Бабакина в НПО им. С.А. Лавочкина подготовили конструкторскую документацию и открыли лабораторию во главе с Ф.И. Бабичем. В ней разрабатывалась логика управления лунными самоходными аппаратами. ВНИИ-100 создало шасси для луноходов.

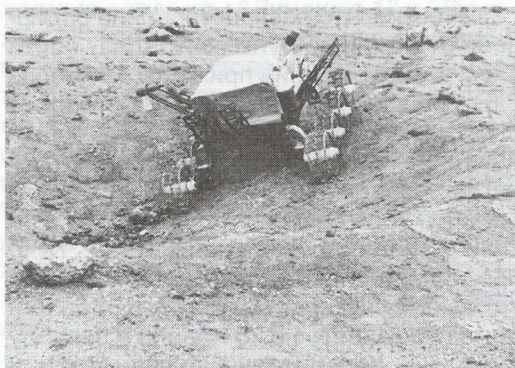
В апреле 1968 г. Г.Н. Бабакин предложил начальнику Центра Командно-измерительного комплекса (КИК) генерал-майору И.И. Спице сформировать группу операторов для дистанционного управления луноходами. В мае 1968 г. в Москву командировали офицеров, пожелавших посвятить себя этой работе.

В Институт медико-биологических проблем (Земля и Вселенная, 1998, №3) для медицинского обследования прибыло 32 добровольца. 11 июля 1968 г. заместителю начальника Центра КИК генерал-майору П.А. Агаджанову и заместителю Главного конструктора по лунной тематике О.Г. Ивановскому представили 17 офицеров, выдержавших испытания. На этой встрече мы и узнали о том, что нам предстоит научиться управлять передвижным аппаратом на Луне из Центра космической связи (г. Симферополь). Из 14 человек образовали две учебные группы. Одна (В.Г. Довгань, Н.М. Еременко, Н.Н. Иванов, А.И. Калинин, Г.Г. Латыпов, В.М. Сапранов и В.И. Чубукин – предполагаемые водители лунохода) была направлена на учебу во ВНИИТрансмаш (Главный конструктор А.Л. Кемурджиан), а другая (Ю.Ф. Васильев, К.К. Давидовский, А.Е. Кожевников, Н.Я. Козлитин, Л.Я. Мосензов, В.Г. Самаль и И.Л. Федоров) – на учебу в НПО им. С.А. Лавочкина, где через месяц обе группы продолжили учебу. Преподавали там конструкторы и создатели систем лунохода. 11 июля произошла первая встреча будущих членов экипажа с Г.Н. Бабакиным. Этой встрече Главный конструктор придавал особое значение. Он понимал, что от нас во многом зависит успех программы. Георгий Николаевич обратился к нам: *“Техника, с которой вам предстоит работать, не то что новая – новейшая. Она создается на ваших глазах, и вы станете активными участниками этого процесса. Как летчики-испытатели в авиационных КБ... Но там есть опыт, преемственность, традиции, а мы все начинаем с нуля, впервые... Вы должны знать всю машину. Мало будет толку, если вы изучите только кнопки – на какую нажимать, когда ехать вперед, а на какую – когда ехать назад. За каждой кнопкой вы должны видеть всю схему, логику всей работы”*.

Учебная программа для операторов в основном включала изучение конструкции лунохода, принципиальных и логических схем всех его систем, наземные испытания машины в условиях, приближенных к лунным. Летом 1968 г. на КИП-10 под Симферополем построили **пункт управления луноходом (ПУЛ)** и **лунодром**. Лунодром площадью в один гектар (120 м × 70 м) очень похож на некоторые участки лунной поверхности. Для возвышенностей понадобилось более 3 тыс. м³ грунта, кроме того, вырыли 54 кратера (диаметром до 16 м), разместили около 160 камней различных размеров, а всю площадь (почти 1600 м²) покрыли ракушечником, покрашенным в серо-черный цвет, слоем 20 см.

Известно, что распространение радиоволн от Земли до Луны составляет почти 1.3 с. А изображения принимаются через 2.6 с. Общее время задержки составляет около 4.1 с, но с учетом анализа обстановки – 7–24 с. Это, разумеется, затрудняло управление луноходом. Главный конструктор радиосистем М.С. Рязанский (Земля и Вселенная, 1999, №5) предложил применить малокадровую телевизионную систему, которая позволяла передавать не 25 кадров в секунду (обычный телевизионный стандарт), а один кадр с фиксацией по времени (3–20 с), при этом “картинка” на телеэкране напоминала сменяющиеся кадры диафильма. Телевизионное изображение находящейся перед луноходом поверхности передавалось через остронаправленную антенну.

Одну из технологических машин с настоящим шасси и телевизионными системами, но без панели солнечной батареи, доставили на лунодром. Связь с этим макетом осуществлялась не по радио, а по кабелю. В результате тренировок определилась методика управления луноходом. Операторы учились измерять расстояние до объектов (вешка, трафарет, камень), устанавливаемых на лунодроме и предъявляемых на видеоконтрольное устройство. На первом этапе операторы водили макет по тестовым трассам. На видеоконтрольном устройстве необходимо было увидеть разметки на предлагаемом маршруте и обеспе-



Испытания макетов луноходов на лунодроме под Симферополем. 1969 г. и 1972 г.

анализировал состояние бортовых систем лунохода, а их результаты докладывал по громкой связи. Штурман делал вычисления и прокладывал трассу движения лунохода. Таким образом, управление движением лунохода и контроль за его работой обеспечивала группа специалистов-операторов. Появилось понятие "экипаж лунохода". Но объект управления и экипаж разделяло расстояние почти 4×10^5 км! Еще во время тренировок было замечено, что в трудных ситуациях операторы лунохода испытывают значительное эмоциональное напряжение. Пульс учащался на 30–40 ударов в минуту. Но в дальнейшем, по мере формирования навыков управления, эмоциональное напряжение снижалось.

В состав экипажа входили водитель, оператор остроуправляемой антенны, штурман, бортинженер и, конечно, командир. *Водитель* управлял движением лунохода с пульта, на котором указывались параметры, характеризующие положение аппарата на лунной поверхности. По предложению водителей на экране видеоконтрольного устройства смонтировали масштабную шкалу, с помощью которой оценивались размеры деталей рельефа и расстояния до них. *Оператор* постоянно следил за ориентацией остроуправляемой антенны на Землю и в случае необходимости изменял ее положение. *Штурман* проводил навигационные расчеты по телеметрическим данным курсового гироскопа и датчика пройденного пути, вырабатывал рекомендации по направлению и характеру движения лунохода. *Бортинженер* возглавлял группу специалистов, осуществлявших оперативный анализ телеметрической информации всех систем лунохода, регулярно докладывая об этом по громкой связи. *Командир* осуществлял общее руководство работой, контролировал действия водителя и принимал в ответственные моменты необходимые решения.

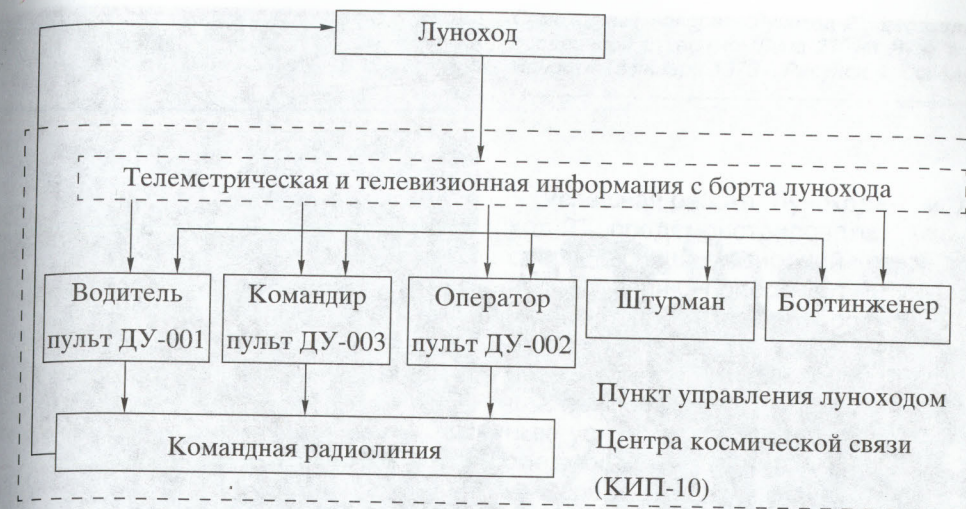


Схема взаимодействия членов экипажа при управлении луноходом.

На пультах водителя, оператора и командира находились приборы, обеспечивающие восприятие и переработку огромного потока информации с борта лунохода. Водитель и командир видели показания приборов и могли оценивать положение лунохода по крену и дифференту, направление его движения и пройденный путь. Центральное место на пульте управления занимало видеоконтрольное устройство. Сопоставляя изображение участка поверхности с показаниями приборов, водитель лунохода оценивал расстояние до препятствий, их форму и размеры, затем принимал решение о дальнейших действиях.

На борту лунохода была установлена система, обеспечивающая безопасность движения и позволяющая предотвратить его опрокидывание. При превышении допустимого предела нагрузки ведущих колес автоматика выдавала команду "Стоп". Если бы колесо попало в расщелину, то произошло бы его отключение (отстрел). Застывшее колесо из ведущего превращалось в ведомое, а остальные колеса, став ведущими, продолжали движение. Луноход

за 7–24 с мог пройти расстояние 2.3–8.4 м на первой скорости (0.33 м/с). Поэтому водитель был обязан докладывать командиру оценку обстановки, чтобы тот оперативно подтверждал принятое им решение о выборе дальнейшего маршрута.

Вождение лунохода требовало исключительной слаженности всего экипажа. Была создана лаконичная терминология для оценки обстановки и формулировки решений. Отрабатывались периодичность, ритм докладов, форма внимания к наиболее важным параметрам или неожиданным ситуациям. Обращалось особое внимание на умение определять расстояние по плоским изображениям на телевизионном экране. В космической технике появился новый термин — **система дистанционного управления**. Одно из необходимых требований к ней — распознавание препятствий и возможность своевременной остановки перед ними или их объезда. Дистанционное управление движением лунохода имело специфические особенности, обусловленные отсутствием восприятия оператором процесса движения, задержками в приеме и передаче команд телевизионного изображения и телеметрической информации, зависимостью характеристик подвижности самоходного шасси от условий движения (рельефа и свойств грунта). Операторы должны были обладать опре-



деленными навыками и психофизическими качествами.

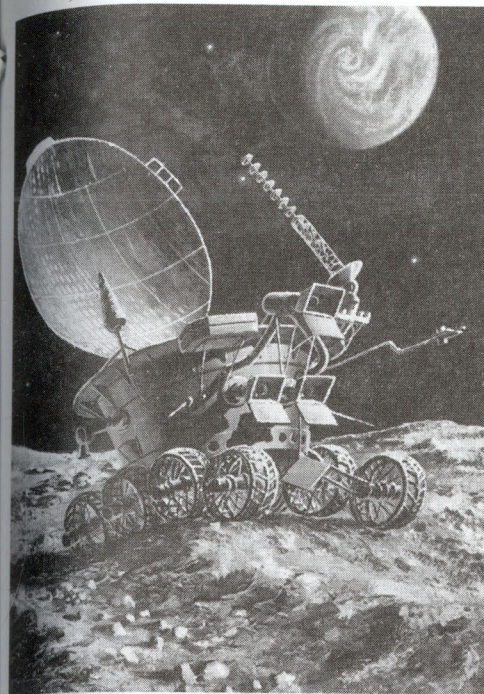
Накопленный опыт вождения раскрыл еще одну сторону процесса управления. Время работы одной смены экипажа ограничивалось двумя часами, затем трудоспособность резко падала, а быстрота реакции, столь необходимая в условиях передвижения по неизвестной местности, снижалась. Поэтому в процессе управления луноходом врачи вели медицинский контроль за состоянием экипажа.

Другое ограничение скорости движения аппарата — периодичность появления кадров телевизионного изображения. С момента обнаружения препятствия для дальнейшего движения было необходимо, чтобы это препятствие находилось в зоне видимости еще не менее чем в 1–2 кадрах телевизионного изображения. В противном случае водитель мог потерять ориентировку на местности и наехать на препятствие. Необходимо было также учитывать границу

Члены экипажа лунохода с космонавтом В.Ф. Быковским (пятый слева) на лунодроме, 22 ноября 1970 г.

зоны видимости: для телевизионной системы "Лунохода-1" — около 1 м, а для "Лунохода-2" — 3 м. Дальность обнаружения препятствия находилась в зоне до 9–10 м.

16 января 1973 г. в южной части кратера Лемонье в Море Ясности опустилась посадочная станция "Луна-21", доставившая "Луноход-2" (Земля и Вселенная, 1973, №№ 1–4). Программа работы "Лунохода-2" была составлена в соответствии с комплексной научной задачей совместного изучения изменений основных физико-химических и механических свойств поверхности в зависимости от геолого-морфологической обстановки в зоне перехода морского района в материковый. Для этого на "Луноходе-2" установили магнитометр СГ-70А, астро-



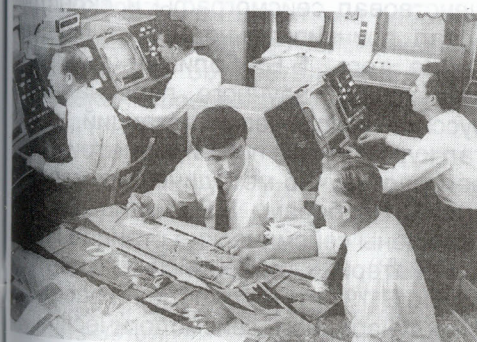
Самоходный аппарат "Луноход-2", доставленный посадочной ступенью "Луна-21" на Луну в Море Ясности 16 января 1973 г. Рисунок А. Соколова.

Успешная работа "Лунохода-1" и "Луноход-2" продемонстрировала, что они способны решать широкий круг задач по исследованию поверхности Луны с помощью передвижных лабораторий (Земля и Вселенная, 1992, № 5). Их возможности далеко не исчерпаны. Вот лишь два примера. После отработки в реальных условиях управления автоматами следующий шаг — создание дистанционных средств для использования на Земле там, где работа человека невозможна или небезопасна. Так, малогабаритное транспортное средство (минитрактор) способно двигаться по бездорожью в экстремальных условиях в полярных областях или зонах радиационного заражения.

Выдающийся успех луноходов имеет не только историческое значение, но и прикладное — они найдут применение на будущих лунных базах и в межпланетных экспедициях.

Международная астронавтическая федерация зарегистрировала несколько рекордов, установленных нашими луноходами: абсолютный рекорд продолжительности активного существования на лунной поверхности (301 сут 06 ч 37 мин), рекорд максимальной массы планетохода (756 кг — "Луноход-1", 840 кг — "Луноход-2"), рекорд пройденного по поверхности Луны общего расстояния (10.54 и 37 км соответственно), мировые рекорды скорости движения лунохода (0.66 м/с) и продолжительности активных действий на Луне.

В.Г. ДОВГАНЬ



Экипаж "Лунохода-1" во время управления его движением по Луне. Ноябрь 1970 г.

Сейсмические наблюдения в России

В 2004 г. исполнилось 10 лет Геофизической службе Российской академии наук, ответственной за непрерывный сейсмический мониторинг на территории России и соседних государств. Этому десятилетию предшествовала столетняя история развития и становления наблюдательной сейсмологии на территории Российской империи, СССР и Российской Федерации.

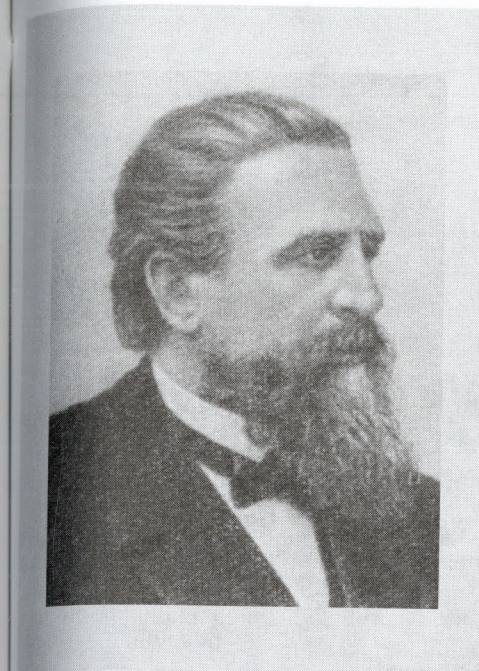
Изучение самого явления сейсмичности, районирование страны по степени сейсмической опасности, поиск предвестников землетрясений и методов их предсказания, исследование сейсмического эффекта от взрывов и контроль за проведением ядерных испытаний – вот основные задачи, которые на разных этапах истории науки о землетрясениях в России стимулировали развитие инструментальных средств наблюдений. И теперь определение пространственно-временных координат очагов землетрясений решается с помощью правильно организованных сетей сейсмических наблюдений, которые представляют собой систему “станции – каналы связи – центр сбора и обработки информации”.

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ
СЕЙСМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Первые инструментальные сейсмические наблюдения в России были проведены еще в 60-х гг. XIX в. Они выполнялись с помощью случайного набора низкочувствительных оптических и механических приборов. И все же этот период

можно определить как *начальный этап* развития российской сейсмологии. Зарождение инструментальных наблюдений в России связано с сильными землетрясениями, произошедшими во второй половине XIX в. на восточных и южных окраинах Российской империи: в устье р. Селенги (на западном берегу Байкала, 1862 г.), в районе г. Шемаха (Азербайджан, 1872 г.), в селах Беловодское (Южный Казахстан, 1885 г.) и Верненское (район Алма-Аты, 1887 г.). Они вызвали значительные разрушения и сопровождались человеческими жертвами. В 1888 г. по инициативе геолога И.В. Мушкетова при Русском географическом обществе (РГО) была создана сейсмическая комиссия, которая не только начала собирать данные о произошедших землетрясениях, но и подготовила проект постоянной регистрации колебаний почвы. Составлен первый Каталог землетрясений в России.

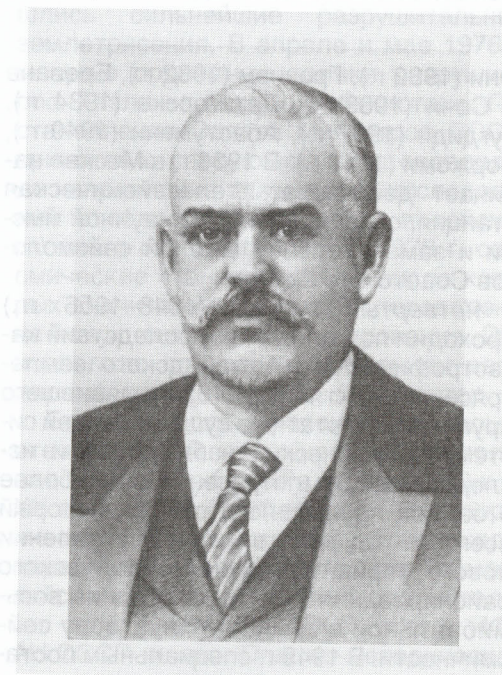
Второй период (1907–1927 гг.) по праву называют “голицынским”. Князь Б.Б. Голицын стал основоположником эпохи новых инструментальных сейсмических наблюдений в России. Он усовершенствовал сейсмографы и сконструировал принципиально новые приборы. Кроме того, Б.Б. Голицын занимался подготовкой научного персонала для русских сейсмических станций, прочитал курс “Лекций по сейсмометрии”, провел ряд научно-методических исследований. Приборами Б.Б. Голицына были оснащены сейсмические станции Пулково, Екатеринбург, Тбилиси, Ташкент, Иркутск. В 1911 г. в докладе на заседании Международной сейсмологической Ассоциации в Манчестере академик Б.Б. Голицын представил мировому научному сообществу карту сейсмической сети России, многие станции которой проработали в непрерывном режиме уже более 10 лет. Некоторые из них учреждены на средства частных лиц. Так, великий князь Николай Михайлович финансировал переустройство сейсмической станции в Боржоми (Грузия) и обеспечивал ее ежегодное содержание. На средства нефтяного магната Э.Л. Нобеля несколько лет существовали станции в городах Баку и Балаханы (Азербайджан). Совет съезда горнопромышленников юга России основал в 1911 г. станцию 1-го разряда в Макеевке на Украине. К 1927 г. в России уже работало 24 станции. Руководство сейсмическими наблюдениями осуществляла Главная физическая обсерватория в Санкт-Петербурге, которую в 1913–1915 гг. возглавлял Б.Б. Голицын.



Иван Васильевич Мушкетов (1850–1902) – профессор Горного института в Санкт-Петербурге, один из организаторов Сейсмической комиссии в России.

тербурге, которую в 1913–1915 гг. возглавлял Б.Б. Голицын.

В 1928–1947 гг. (*третий период*) началось интенсивное развитие региональных сейсмических наблюдений. Хозяйственное освоение Сибири, Средней Азии, Казахстана и юга страны требовало проведения сейсмического районирования этих территорий. Для изучения региональной сейсмичности создаются сейсмологические экспедиции, открываются новые станции. После сильнейшего Ялтинского землетрясения в Крыму (1927 г.) была организована сеть из четырех региональных сейсмических станций – в Феодосии, Симферополе, Севастополе и Ялте. В Средней Азии региональные сейсмические станции были открыты в Андижане и Самарканде (1929 г.), а затем – Чимкенте (1932 г.), Семипалатинске (1934 г.). В Кавказском сейсмическом регионе появляются региональные сейсмические станции – в Гори (1931 г.),



Академик Борис Борисович Голицын (1862–1916), основоположник сейсмической службы в России, возглавлявший Главную физическую обсерваторию в 1913–1916 гг.



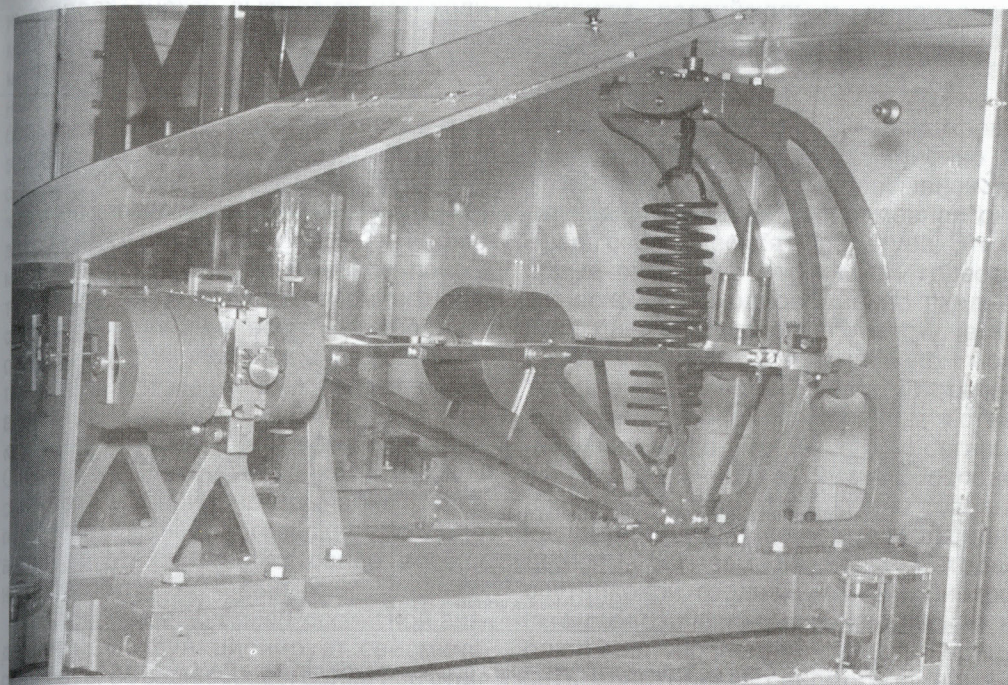
Здание Главной физической обсерватории в Санкт-Петербурге, в котором Б.Б. Голицыным были разработаны и созданы новые сейсмографы и в начале XX в. проводились первые сейсмические наблюдения.

Они (1932 г.), Грозном (1932 г.), Ереване и Сочи (1933 г.), Пятигорске (1934 г.), Зугдиди (1937 г.), Абастумани (1940 г.), Боржоми (1941 г.). В 1936 г. в Москве начинает действовать телесеизмическая станция, ставшая центром научной мысли и замечательной школой сейсмологов Советского Союза.

Четвертый период (1948–1956 гг.) проходил под влиянием последствий катастрофического Ашхабадского землетрясения 5 октября 1948 г., выявившего крупные недостатки в существующей системе сейсмических наблюдений и исследований. Землетрясение силой более 9 баллов произошло в районе, который всего за год до этого при составлении нового варианта карты сейсмического районирования был переведен из восьмibalльной в семibalльную зону сейсмичности. В 1949 г. специальным поста-

новлением правительства сейсмологам было поручено срочно оповещать директивные органы о всех сильных землетрясениях. Так было положено начало действующей по сей день Службе срочных донесений (ССД) о сильных и разрушительных землетрясениях. С 1948 г. по 1956 г. в стране открыто более 40 сейсмических станций.

В двадцатилетие 1956–1977 гг. (пятый период) возникали научно-технические проблемы, связанные с обнаружением и идентификацией ядерных взрывов. Для решения этих задач необходимо было повысить чувствительность аппаратуры, выбрать места с низким уровнем помех. Датчики стали размещать в штольнях или скважинах. Сети формировались по сейсмоактивным зонам (объектам наблюдений и исследований), независимо от республиканских грани-



Вертикальный маятник конструкции Б.Б. Голицына, установленный на сейсмической станции "Пулково" в начале XX века, используется до сего времени. Сейсмическим наблюдениям в Пулкове в 2006 г. исполнится 100 лет.

Так были организованы Западная, Кавказская, Копетдагская, Среднеазиатская, Сибирская, Дальневосточная и Арктическая зоны. В этот период получили развитие сейсмические наблюдения на Дальнем Востоке, где было необходимо оповещать население Тихоокеанского побережья о приближении цунами. На Курильских островах и Камчатке организуется сеть региональных сейсмических станций.

В середине 60-х гг. в г. Обнинске (Калужская область), в 100 км южнее Москвы, была построена и начала функционировать Центральная сейсмологическая обсерватория Института физики Земли АН СССР. Она стала научно-методическим центром сейсмических наблюдений в стране. Впоследствии (1994 г.) на ее базе была создана ныне функционирующая Геофизическая служба Российской академии наук, объединившая все организации РАН, ведущие стационарные сейсмические наблюдения.

На шестой период развития сейсмических наблюдений (1978–1990 гг.) пришлось сильнейшие разрушительные землетрясения. В апреле и мае 1976 г. мощные подземные толчки разрушили пос. Газли на западе Узбекистана. Постановление Совета Министров СССР, принятое в следующем году, определило направление дальнейших исследований в области сейсмологии и сейсмостойкого строительства. В 1978 г. сейсмические станции страны, число которых значительно возросло, переведены на новую систему финансирования. Это позволило придать наблюдениям регулярный, производственный характер.

Большую роль в развитии не только отечественной, но и мировой сейсмологии, сыграло принятое в середине 80-х гг. XX в. решение Конференции по разоружению в Женеве о проведении международного эксперимента по обмену сейсмическими данными. Исполнителями этой работы в СССР стали ИФЗ АН СССР и его Опытно-методическая



Сеть сейсмических станций Геофизической службы РАН.

экспедиция в Обнинске, которую с 1980 г. возглавлял автор статьи. В технологическом отношении этот эксперимент должен был базироваться на цифровых системах регистрации, сбора, обработки и распространения данных. В то время отечественная наблюдательная сейсмология в полной мере к этому не была готова – имелись лишь опытные образцы цифровых сейсмических станций. Руководством АН СССР было принято решение о более тесном сотрудничестве с международным сообществом сейсмологов и использованием мировых достижений в этой области науки.

К 1991 г. основная фаза эксперимента была завершена: в России создана основа современной национальной цифровой телесеismicкой сети, начато формирование центра сбора и обработки сейсмических данных и внедрение современных средств телекоммуникаций для обмена данными.

С этого года начинается нынешний (седьмой) период развития сейсмологии в России. Он связан с децентрализацией Единой системы сейсмических наблюдений, вызванной распадом СССР. Тогда

было нарушено единство сейсмической сети России, и бывшие советские республики оказались в тяжелом финансовом положении, начался процесс закрытия станций. Работы по сейсмическому мониторингу (даже в сейсмоактивных регионах) находились на грани прекращения. Некоторые страны СНГ до сих пор не вышли из этого кризисного состояния. Вместе с тем в этот период в России произошел активный переход к цифровым технологиям производства наблюдений. Правительственными постановлениями в 1993 г. и 1994 г. была создана Федеральная система сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений. И теперь наиболее полно задачу сейсмического мониторинга страны осуществляет Геофизическая служба (ГС) Российской академии наук, созданная в мае 1994 г. по инициативе вице-президента РАН академика Н.П. Лаверова.

ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ СЛУЖБА РАН

Сейсмическая сеть РАН имеет характерные особенности, обусловленные размерами территории страны. Огром-

ные пространства вызывают необходимость применения телесеismicких методов наблюдений и обработки данных. Такие станции расположены на большом удалении друг от друга и от эпицентров землетрясений (расстояния свыше 1000 км), что создает технические проблемы и требует значительных затрат на передачу непрерывной информации в центр. Неравномерное покрытие территории страны сейсмическими станциями прежде всего обусловлено особенностями расположения сейсмоактивных регионов. В слабоактивных в сейсмическом отношении регионах, таких как Русская платформа, Западно-Сибирская плита, Северная часть России, сеть станций чрезвычайно редка, поскольку сейсмологические исследования в этих областях ранее вообще не проводились.

В настоящее время в Российской академии наук функционирует сейсмическая сеть, объединяющая более 200 станций и 10 центров сбора и обработки данных. Структуру сети образуют три уровня: телесеismicкий, региональный и локальный. Локальные наблюдения проводятся на площадях около 10 тыс. км², чаще всего охватывая прогностические полигоны и обеспечивая изучение сейсмичности с магнитудного уровня $M = 1.0 \div 2.0$. Региональные сети расположены в сейсмоактивных регионах (Камчатка, Сахалин, Северный Кавказ, Байкал). Они охватывают территории площадью до 1 млн. км² и регистрируют землетрясения с $M = 2.0 \div 3.0$ и более. Телесеismicкая сеть покрывает всю территорию России, контролируя сейсмическую активность, начиная с магнитуд $M = 3.0 \div 4.0$. Станции этой сети задействованы в глобальной системе сейсмических наблюдений. Все сети тесно связаны и взаимно дополняют друг друга. Однако по своей плотности они еще не обеспечивают в полном объеме регистрацию землетрясений с необходимого магнитудного уровня и точность определения местоположения их очагов.

Одной из главных задач службы остается оснащение сейсмических станций цифровой аппаратурой. Уже более пятидесяти лет (благодаря совместным

усилиям российских и американских сейсмологов) на 12 российских станциях – Обнинск, Кисловодск, Ловозеро (Карелия), Арти, Норильск, Талая, Южно-Сахалинск, Якутск, Тикси, Петропавловск-Камчатский, Магадан и Билибино (на Чукотке) – в режиме непрерывной эксплуатации работает современная цифровая сейсмическая аппаратура. Эти базовые станции в российской телесеismicкой сети одновременно входят в Глобальную цифровую сейсмическую сеть и участвуют в сейсмическом мониторинге всего земного шара. Эти работы ведутся в рамках межправительственного российско-американского соглашения, заключенного в 1994 г. Впоследствии (1999 г.) в него включено создание на территории России сети наблюдений деформаций земной коры методами спутниковой геодезии (GPS). Синхронные геодезические и сейсмические наблюдения позволяют создать единую сеть мониторинга сейсмогеодинамических процессов.

Последние 3–5 лет сеть наблюдений оснащается отечественными цифровыми станциями. В 1998–2002 гг. сотрудники ГС РАН в Обнинске установили на станциях Москва, Южно-Сахалинск, Якутск, Сочи, Анапа, Новолазаревская (Антарктида), Сторожевое (Воронежская область) разработанную ими широкополосную цифровую сейсмическую станцию SDAS. Заменяв устаревшее аналоговое оборудование, она работает в автономном режиме, обеспечивая управление станцией. Обладая высоким динамическим диапазоном регистрации (до 120 дБ) и широкой полосой регистрации (0.02–30 Гц), станция SDAS отличается от зарубежных аналогов значительно более низкой ценой и тем, что ее могут обслуживать штатные специалисты сейсмических станций. Значительный прогресс наметился и в Геофизической службе Сибирского отделения РАН, где разработаны, изготовлены и установлены уже более чем на 60 станциях Алтай-Саянского и Байкальского регионов новые цифровые станции “Байкал”. Все это позволило модернизировать ряд аналоговых станций и расширить цифровые сейсмические сети ГС РАН.



Центральное здание Геофизической службы РАН в г. Обнинске. Здесь находится Служба срочных донесений о сильных землетрясениях, данные которой в непрерывном режиме поступают во все заинтересованные государственные и научные организации России, а также в сейсмологические центры Европы и Америки.

Развитие региональных сейсмических сетей идет в двух направлениях: увеличивается число станций, данные с которых передаются в региональный центр сбора и обработки информации, все центры локальных сетей соединяются в единую компьютерную сеть. На Камчатке уже созданы три локальные сети с радиотелеметрической системой сбора станционных данных: Петропавловская, Козыревская и Ключевская. Они формируют основу автоматизированной региональной сети региона. Оперативно поступающие на Web-сервер Интернета бюллетени и каталоги делают эти данные доступными всем сейсмологам мира.

Внедрение цифровой технологии коренным образом изменило работу Службы срочных донесений о сильных земле-

трясениях. Она использует множество входных потоков информации.

В режиме времени, близком к реальному, они поступают почти с 40 цифровых сейсмических станций, расположенных не только в России, но и в странах СНГ, Европы, Америки, Африки, Азии. При этом широко используются каналы Интернета, по которым также осуществляется взаимодействие с международными и национальными сейсмологическими центрами: NEIC (США), CSEM (Франция), ORFFEUS (Голландия), SWISS (Швейцария) и др.

Срочные сводки о произошедших землетрясениях поступают также с аналоговых сейсмических станций России и стран СНГ по телетайпу или телефону.

Из Международного центра данных в Вене, созданного по решению ООН для

контроля за ядерными испытаниями, приходят списки автоматически обнаруженных сигналов и определенные (также в автоматическом режиме) на их основе местоположения сейсмических событий.

Эти данные позволяют оператору Службы срочных донесений (ССД) уже в течение первых 10–30 мин после начала землетрясения определить его гипоцентр и в случае необходимости объявить тревогу, немедленно передав сообщение в оперативную службу МЧС России. В режиме постоянного обновления ССД помещает результаты обработки на странице информационной службы (<http://www.ceme.gsras.ru>). Использование современных технологий сбора и обработки сейсмологической информации в режиме ССД привело к существенному росту числа зарегистрированных событий. Так, в 1998 г. было обработано 786 землетрясений, в 1999 г. их уже около 1378, в 2000 г. – 1652, а в 2003 г. – 2024.

Информация

Течением управляет климат

Начиная с 1990-х гг. отмечается ослабление скорости потока в водах Северной Атлантики, вовлеченных в субполярную воронку диаметром в сотни километров. Комплекс океанических течений несет теплую воду в холодную акваторию океана.

Среди специалистов бытуют два противоположных мне-

ния, одно из которых заключается в том, что перед нами лишь случайная флуктуация в устоявшейся системе “конвейера”, постоянно обогревающего северную часть нашего полушария, и в скором времени положение вернется к “нормальному”. Согласно другому, субполярная воронка может затормаживаться и далее, в продолжение всего только что начавшегося столетия, так как “конвейерную ленту” сдерживает мощная “рука” глобального потепления. Это не приведет к катастрофическим последствиям, подобным тем, что изображены в фантастическом голливудском фильме “Послезавтра”. Там показаны вызванные

Для обеспечения полного контроля сейсмичности России, начиная с магнитудного уровня $M = 3.0$, необходимо иметь в центре обработки непрерывные записи примерно с 50 станций телесеismicической сети. Это позволит значительно повысить точность локации землетрясений и скорость обработки данных.

Сравнительный анализ сейсмической сети РАН с глобальными и национальными системами показывает, что российская сеть регистрации землетрясений в технологическом отношении интегрирована в мировую систему и развивается в русле общего процесса совершенствования и унификации сейсмических наблюдений.

Автор выражает большую признательность сотрудникам Геофизической службы РАН И.П. Габсатаровой и Л.С. Чепкунас за помощь в подготовке этой статьи.

О.Е. СТАРОВОЙТ,

кандидат физико-математических наук

Геофизическая служба РАН

резким похолоданием ураганы, потопы, наступление ледникового периода.

Однако Северной Европе, действительно, могут угрожать некоторые последствия глобального потепления, а именно понижения температуры в засушливой области Сахель, протянувшейся южнее Сахары от Атлантического океана до Красного моря. А количество ураганов в Атлантике при этом может даже сократиться. Таково мнение немецких океанографов, возглавляемых Й. Мароттке из Института метеорологии им. Макса Планка в Гамбурге.

Science. 2004, 304, 371

Воспоминания о первом космонавте

Очередной сборник воспоминаний о Ю.А. Гагарине из серии "Герои Отечества" ("Бессмертие Гагарина", автор-составитель Ю.С. Устинов. М., Биоинформсервис, 2004) включает разнообразные материалы, в том числе новые, о его полете, жизни и деятельности. В книгу вошли отрывки из автобиографической повести Ю.А. Гагарина "Дорога в космос", очерки журналистов и литераторов о нем. Сборник содержит рассказы, письма и фотографии людей, встречавшихся с Ю.А. Гагариным и хорошо его знавших. Особый интерес представляют воспоминания родственников первого космонавта, его учителей и преподавателей, руководителей и инструкторов Центра подготовки космонавтов. Заслуживают внимания мемуары руководителей и создателей ракетно-космической техники, организаторов и участников запуска КК "Восток", а также ряда советских космонавтов.

Довольно обширный материал помещен в трех разделах. Открывает сборник вступление автора-составителя, в котором он проследживает историю отечественной космонавтики, останавливаясь главным образом на таких вехах, как создание



ОКБ-1 (ныне РКК "Энергия" им. С.П. Королёва) и космодрома Байконур, разработке и испытании ракеты-носителя и космического корабля "Восток", полете Ю.А. Гагарина. В главе "Жизнь до полета" (раздел "День великой славы") собраны материалы о детстве и юности первого космонавта, о зачислении его в первый отряд космонавтов и подготовке к полету. В главе "В тот день, 12 апреля!" — воспоминания Ю.А. Гагарина, специалистов и журналистов о космическом полете на КК "Восток"; хроника событий марта-апреля 1961 г. помещена в главе "Сто восемь минут...", послеполетной деятельности посвящена глава "Работа Гагарина".

В разделе "Созвездие Гагарина" отражено влияние гагаринского полета на дальнейшее развитие космонавтики. Воспоминания о Ю.А. Гагарине и С.П. Коро-

лёве включены в главу "Славу Гагарину обеспечили соотечественники"; о первом отряде космонавтов повествуется в главе "Космонавты"; о совместной работе и тренировках космонавтов в Центре подготовки космонавтов рассказывается в нескольких очерках; в конце главы опубликованы мемуары 1960–1970-х гг. старшего советника при командующем ВВС и ПВО генерала Л.И. Горегляда "Четверть века — на космос".

Развитию ракетно-космической техники и космонавтики в 1960–1980-е гг. посвящен раздел "От полета Гагарина — к Луне и Марсу". В главах "Лунная программа" (Ю.С. Устинов) и "Королев — Гагарин — космос" (И.В. Мещеряков) описаны события этих лет, а главы "Колумб Вселенной", "С Гагариным в сердце", "Мои встречи с Гагариным" и др. написаны людьми, которые по долгу службы были связаны с первым космонавтом. Почетный академик Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского генерал В.В. Фаворский рассказывает о создании отечественной многоразовой космической системы в главе "Программа 'Энергия-Буран'". Главы "Незабываемый космодром Байконур", "Устремленный ввысь", "Гагарин в нашей памяти" и др. содержат короткие очерки и статьи друзей и знакомых первого космонавта.

"Чайник" станет астрономом

Если вы решили заняться одной из самых увлекательных наук — астрономией, то прочитав книгу американского писателя Стивена П. Марана «Астрономия для "чайников"», станете настоящим астрономом-любителем. Эту книгу выпустило в 2004 г. совместное Московско-Санкт-Петербургско-Киевское издательство "Диалектика" (переводчик и редактор С.Г. Тригуб).

Стивен П. Маран — магистр астрономии и доктор философии, пресс-атташе Американского астрономического общества. В 1999 г. он получил премию Кламппе-Робертс (учреждена в память об астрономе Доротеи Кламппе-Робертс) "за выдающиеся успехи в деле популяризации астрономии в обществе". Доктор Маран "обладает настоящим даром представлять сложные идеи просто, но в то же время точно" (О. Джинджерич, Гарвардский университет). Книга состоит из шести частей. Часть I — "Охота в космосе" — рассказывает об астрономии, в ней автор дает советы, как лучше наблюдать планеты, кометы, метеоры и другие явления на ночном небе. Здесь же дается информация



об астрономических клубах, обсерваториях и планетариях.

Часть II — "Солнечная система" — знакомит читателя с планетами Солнечной системы и их спутниками. Она поведает о том, что о них известно ученым на данный момент. В этой части есть глава, посвященная астероидам, из которой читатель узнает всю правду о риске их столкновения с Землей.

Название третьей части говорит само за себя — "Солнце и другие звезды". В ней можно прочесть о том, какие существуют типы звезд, и какие жизненные этапы они проходят от рождения до смерти. В эту часть включена также информация о черных дырах и квазарах, об искривлении времени и пространства. Большой раздел посвящен Млечному Пути и другим галактикам.

Часть IV — "Эта удивительная Вселенная" — отвле-

чет от повседневности и подстегнет воображение. Читатель узнает о SETI, то есть программе поиска Внеземного разума, познакомится с материей и антиматерией. Он сможет вместе с автором поразмышлять о том, как родилась Вселенная, какая у нее форма и что с ней будет дальше.

Прочитавший пятую часть — "Великолепные десятилетия" — при случае сможет блеснуть эрудицией, потому что автор приводит десять удивительных фактов о космосе, а затем знакомит с десятию основными ошибками, которые делают средства массовой информации, когда рассуждают об астрономии.

В части VI — "Приложение" — помещены карты звездного неба, которые помогут при наблюдениях.

Книга написана увлекательно и с юмором. Хотя иллюстрации в ней черно-белые, небесные объекты во всей красоте можно увидеть на цветных наклейках. В каждой главе даны адреса Web-сайтов, где есть информация по соответствующей тематике.

«Астрономия для "чайников"» — это путеводитель для тех, кто только начинает свое путешествие по Вселенной или уже прошел часть пути. Недаром на ее обложке заявлено: "Полное руководство по исследованию Вселенной".

XXI век: проблема внеземных природных ресурсов*

В. В. ШЕВЧЕНКО,

доктор физико-математических наук

Государственный астрономический институт
им. П.К. Штернберга, МГУ

В статье приводятся аргументы в пользу неизбежной утилизации внеземных природных ресурсов. Сделана попытка показать, что такой путь освоения космического пространства необходим для сохранения и развития земной цивилизации.

ПОБЕДИТЕЛИ ПРИРОДЫ

Многовековая борьба человека с природой на Земле, по-видимому, вступила в завершающую фазу. В настоящее время отрицательное влияние антропогенных факторов на земную среду обитания становится сопоставимым с воздействием природных катастроф. Например, индустриальное загрязнение Мирового океана нефтью уже в 10 раз превышает естественное. Концентрация свинца, имею-

щего промышленное происхождение, в 15 раз превышает естественное содержание этого элемента в окружающей среде.

Общая эффективность современной мировой экономики находится еще на низком уровне. По различным оценкам, в среднем около 98% исходных материалов в процессе обработки превращается в отходы. До сих пор в качестве главных энергоносителей для получения около 90% энергии в мире используются натуральные углеводородные топлива (дерево, уголь, нефть, газ). Такая система не только интенсивно истощает природные запасы Земли, но и ухудшает среду обитания. Существенная особенность современных технологий заключается в том, что побочные продукты подоб-

ного способа производства энергии образуют от 60% до 80% всех загрязнений природы. При этом ежегодно теряется до 20% репродуцированного в естественных условиях кислорода и, соответственно, в атмосфере увеличивается концентрация углекислого газа, что ведет к развитию глобального парникового эффекта. Выделение в атмосферу техногенного метана — газа, играющего огромную роль в формировании парникового эффекта, уже сейчас сопоставимо с его естественным выделением из недр Земли.

Наиболее выраженную форму парникового эффекта можно наблюдать на Венере, где содержание углекислого газа в атмосфере к настоящему времени достигло 96%.

* Статья подготовлена по материалам доклада “Неизбежность использования внеземных природных ресурсов в XXI веке”, представленном автором на международной конференции “Наука и будущее. Идеи, которые изменят мир” в апреле 2004 г. в Москве. По результатам конкурса научных идей, проведенного фондом “Наука и будущее” и Геологическим музеем им. В.И. Вернадского РАН в 2004 г., этой работе была присуждена первая премия.

Постепенно нагреваясь, поверхность Венеры, как известно, оказалась раскаленной примерно до 500°C.

Как показали новейшие исследования, средняя температура у поверхности Земли за последние 100 лет поднялась всего лишь на один с небольшим градус. Однако этот процесс, начавшись, вероятно, будет нарастать все с большей скоростью. А изменение средней температуры земной среды на несколько градусов может оказаться уже катастрофическим. Например, палеоклиматические исследования доктора геолого-минералогических наук Н.А. Ясаманова показывают (Земля и Вселенная, 1991, № 1; 1992, № 4), что современная средняя глобальная температура на Земле (+14°C) очень незначительно отличается от средней глобальной температуры Земли в ледниковый период (+8 — +10°C). Результаты исследований в 1990-е гг. по проекту “Гейя” под руководством академика Н.Н. Моисеева также показали, что изменение средней мировой температуры на 4°–5° приведет к катастрофическому глобальному изменению климатических условий на Земле.

Перечисленные выше процессы постепенно ухудшают земную среду. Наша среда обитания уже не в столь отдаленном будущем может быть разрушена полностью из-за высокого уровня искусственно производимой в мире энергии.

ГРАНИЦЫ ПРОИЗВОДСТВА
ЭНЕРГИИ

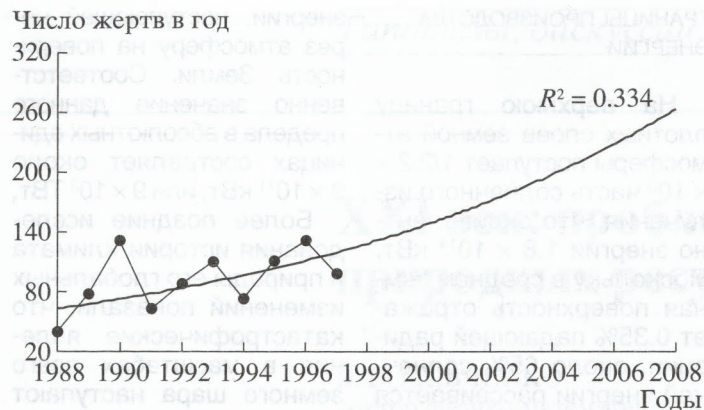
На верхнюю границу плотных слоев земной атмосферы поступает $1/2.2 \times 10^9$ часть солнечного излучения, что эквивалентно энергии 1.8×10^{14} кВт. Поскольку в среднем земная поверхность отражает 0.35% падающей радиации, около 65% солнечной энергии рассеивается ее атмосферой и облачностью. Около 15% приходящей радиации поглощает нижняя атмосфера. Оставшиеся 20% энергии достигают поверхности Земли, поглощаются ею и создают существующий тепловой режим земной среды. В абсолютных единицах эта величина составляет 9×10^{13} кВт, или 9×10^4 ТВт. Такой поток энергии поддерживает все естественные процессы в земной среде и обеспечивает ее глобальную климатическую стабильность. Очевидно, что значительные поступления в земную среду дополнительной энергии могут привести к катастрофическим явлениям в природе с последующим полным разрушением существующего естественного равновесия.

В начальный период прогнозирования техногенной угрозы (1970–1980 гг.) считалось, что опасный энергетический предел развития современной цивилизации характеризуется уровнем производства энергии, составляющим примерно 1% от солнечной постоянной. Эта величина определяется как 0.01% от всей солнечной

энергии, поступающей через атмосферу на поверхность Земли. Соответственно значение данного предела в абсолютных единицах составляет около 9×10^{11} кВт, или 9×10^2 ТВт.

Более поздние исследования истории климата и природы его глобальных изменений показали, что катастрофические явления в масштабах всего земного шара наступают при долговременном изменении величины солнечной энергии, достигающей земной поверхности, всего на 0.1%. Исходя из этой оценки можно определить предел производства энергии внутри земной среды (около 90 ТВт). Большая часть этой энергии в конце концов преобразуется в тепло. Но, как было сказано выше, сам процесс производства энергии с помощью современных технологий вызывает нежелательные изменения в атмосфере, которые ведут к появлению и развитию парникового эффекта (Земля и Вселенная, 1997, № 4; 2000, № 4).

Результатом процесса увеличения производства энергии станут неизбежное накопление все большего количества загрязняющего атмосферу тепла и повышение средней мировой температуры. Как упоминалось, различные исследования приводят к выводу, что необратимые катастрофические явления в земной среде наступают при устойчивом повышении средней температуры атмосферы всего на 4–5°. Вероятно,



признаки глобального потепления присутствуют в земной среде уже в настоящее время. Существующие сегодня данные носят противоречивый характер. Большинство ученых признает, что в XX в. глобальная температура возрастала со скоростью, беспрецедентной для всего прошедшего тысячелетия. Более того, конец XX в. и начало XXI в., возможно, были одними из самых теплых периодов на Земле за последние несколько тысяч лет (Земля и Вселенная, 2004, № 6).

Некоторые ранние признаки разрушительных процессов, таких как глобальные изменения климата или необычно частые климатические катастрофы в различных регионах Земли, мы можем наблюдать уже сейчас. Подсчитано, что за последние 40 лет суммарные экономические потери от естественных катастроф возросли в 9 раз. Специалисты прогнозируют, что при сохранении подобной тенденции за следующие 50 лет указанные потери возрастут в 30 раз. На ка-

ком-то этапе эти потери в абсолютном выражении можно сравнить с реальными бюджетами некоторых стран. В этом случае природные катастрофы вызовут наступление глобального экономического кризиса. Есть ли выход?

КОСМОНАВТИКА ОБЕСПЕЧИТ УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

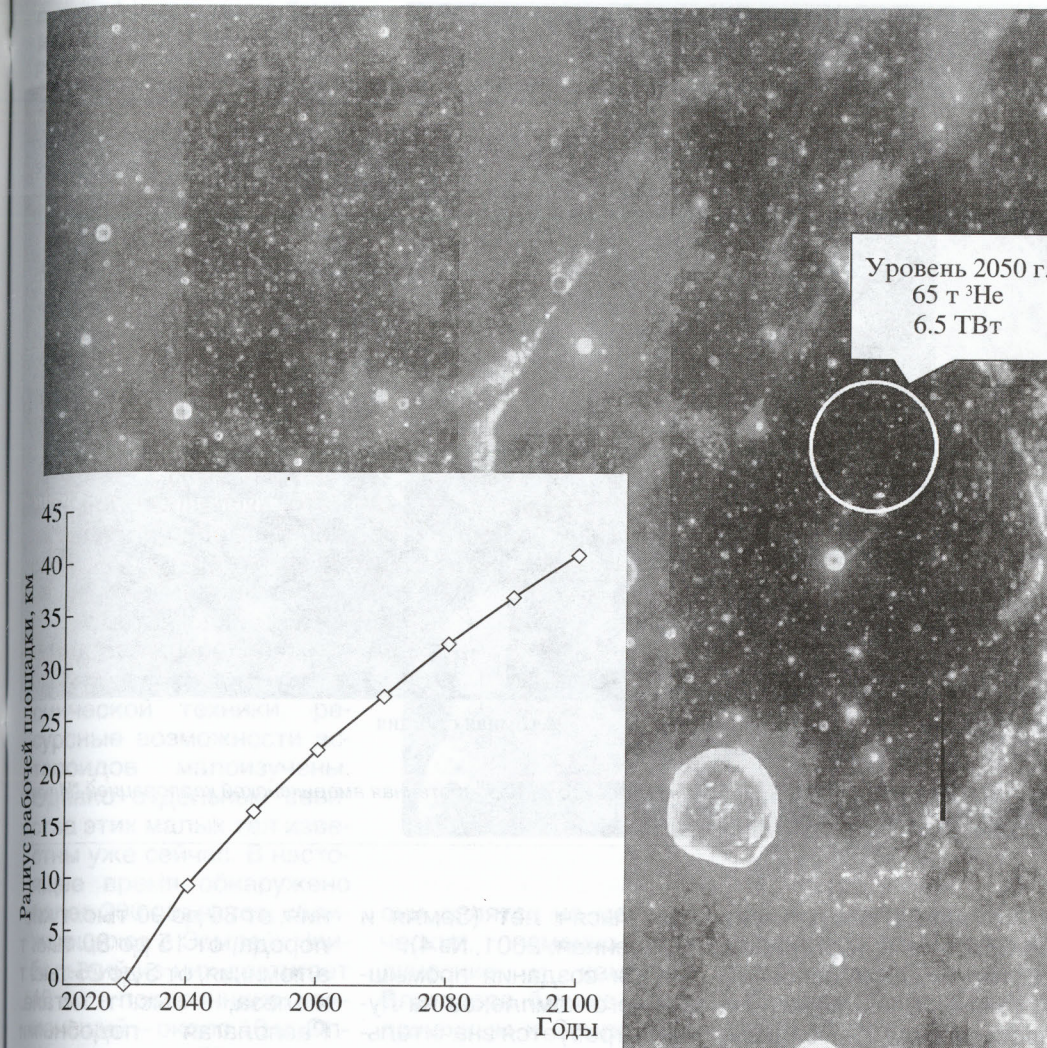
Выход из описанной ситуации давно известен: активное освоение космического пространства, интенсивная индустриализация космоса и использование внеземных материальных и энергетических ресурсов. Ближайшие к Земле небесные тела — Луна и сближающиеся с нашей планетой астероиды — обладают ресурсами, необходимыми для дальнейшего устойчивого развития земной цивилизации (Земля и Вселенная, 2003, № 4).

Как это ни парадоксально, наша соседка Луна сегодня оказалась наименее изученной по сравнению, например, с гораздо более удаленным Марсом.

Диаграмма роста числа жертв наводнений в США (1988–1997 гг.). Треть всех природных катастроф приходится на наводнения. Экономический ущерб от них только в 1998 г. достигал 65.5 млрд. долларов. Разрушительные ураганы летом и осенью 2004 г. принесли ущерб штату Флорида (США) в 2.5 млрд. долларов.

Долгое время бытовало довольно близорукое мнение о том, что после посещения Луны человеком это небесное тело уже не представляет интереса в качестве объекта интенсивных космических исследований. До сих пор те, кто определяет политику в освоении космоса, не смотрели на естественный спутник Земли как на инфраструктуру нашей цивилизации, необходимую для ее выживания. Пока еще не начаты развернутые и целенаправленные исследования возможных природных ресурсов Луны. Поэтому наши знания о лунных ресурсах все еще носят фрагментарный характер (Земля и Вселенная, 1968, № 2; 1969, № 4; 1975, № 1; 1977, № 1).

Наиболее хорошо известным источником космической энергии является Солнце. Энергетическая система на лунной поверхности может собирать солнечную энергию и передавать на Землю с помощью высокочастотных излучателей (СВЧ-системы). Мощность такой системы могла бы обеспечить промышленно значимый энергетический вы-



График, показывающий разработку лунного грунта на необходимых площадях по годам до конца XXI в. для получения гелия-3. Содержание гелия-3 в поверхностном слое грунта кратера Флемстид-Р на Луне составляет 13 нг/г. При глубине перерабатываемого слоя около 3 м, промышленное производство газа достигнет 70 кг с 1 км², что соответствует энергетическому эквиваленту 7 × 10⁷ кВт.

ход уже к 2050 г. (Земля и Вселенная, 1997, № 2).

Другим известным в настоящее время энергетическим ресурсом является лунный гелий-3, извлекаемый из поверхностного слоя лунного грунта. Этот изотоп может использоваться в наземных реакторах, работающих

на принципе ядерного синтеза, в реакции «дейтерий — гелий-3». По различным оценкам, 1 т лунного гелия-3 может обеспечить получение 0.1 ТВт энергии. Основными преимуществами этого способа производства энергии будут значительное снижение объемов выделения га-

зов, способствующих возникновению парникового эффекта (CO₂ и др.), более низкий уровень выделения тепла в атмосферу, практически полное отсутствие радиоактивных отходов и резкое уменьшение потребностей в добыче и сжигании угля, нефти и газа.

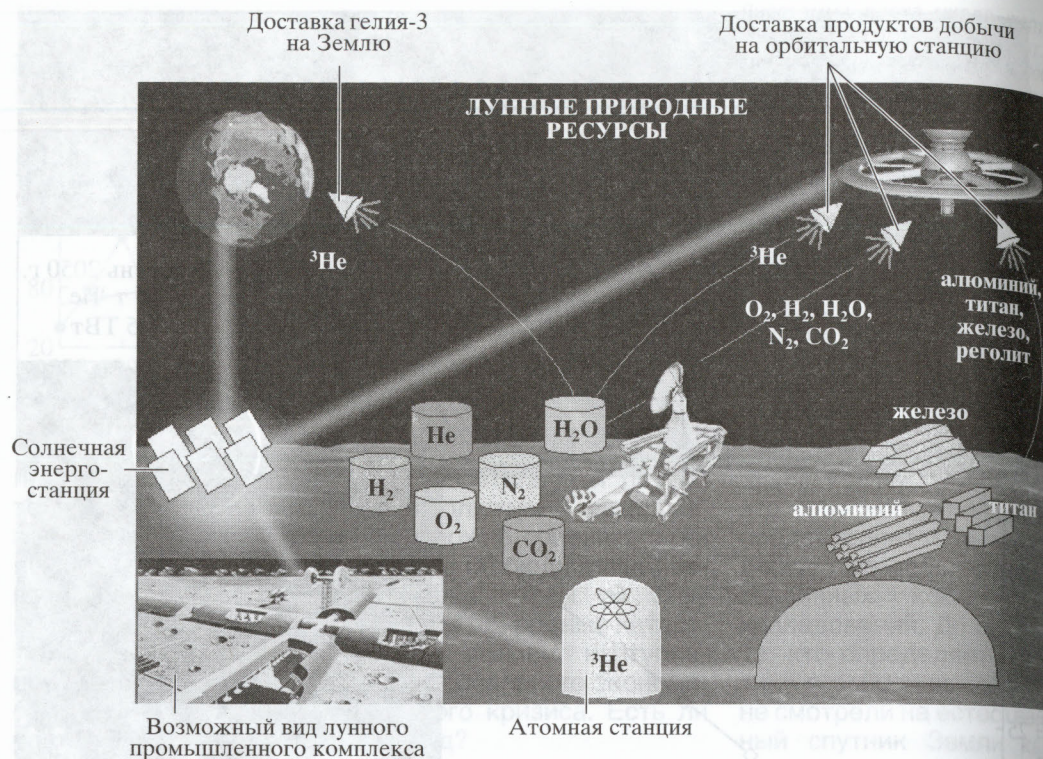


Схема использования лунных природных ресурсов, разработанная американской корпорацией "Ильменит инкорпорейшен".

Но гелий-3 отсутствует на Земле в естественном состоянии. Его основной источник в околоземном пространстве — солнечный ветер. До поверхности Земли, защищенной радиационными поясами, он не доходит. На Луне же подобная защита отсутствует, поэтому в течение миллиардов лет ее рыхлый поверхностный слой насыщался гелием-3. По оценкам, основанным на анализе образцов лунного грунта, существующая на ней общая масса гелия-3, использованного как ядерное топливо, могла бы обеспечивать энергетические потребности человечества в течение несколь-

ких тысяч лет (Земля и Вселенная, 2001, № 4).

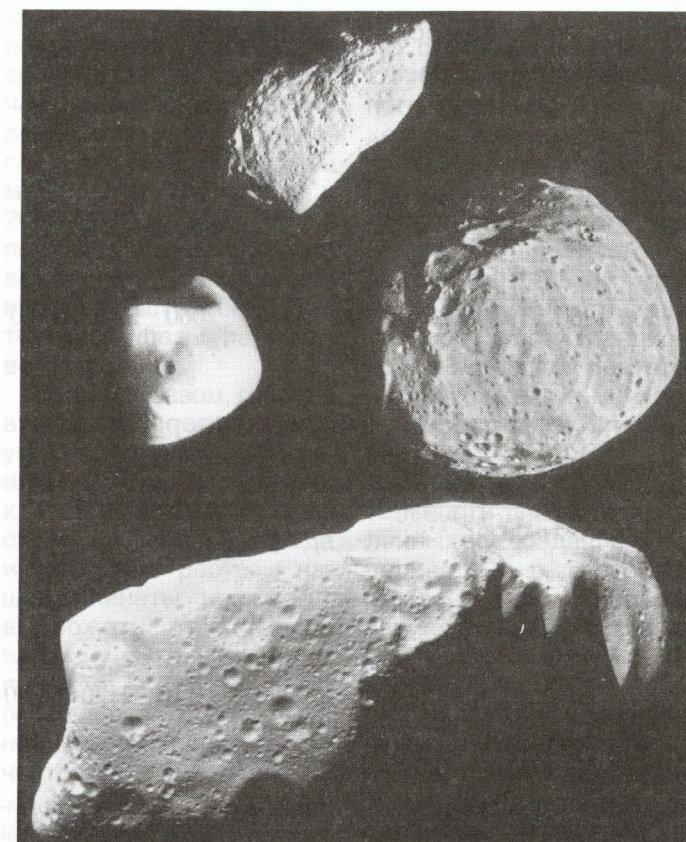
Для создания промышленного комплекса на Луне потребуется значительное количество конструктивных материалов. Несложные подсчеты убеждают, что доставка необходимых составляющих с Земли оказывается весьма нерентабельной. Реальная схема построения лунных комплексов должна предусматривать использование местных материалов. Без учета технологических проблем самая общая оценка показывает, что лунный карьер площадью 100 м² и глубиной всего 10 м может обеспечить получение 40 тыс. т крем-

ния, от 80 до 90 тыс. т кислорода, от 15 до 30 тыс. т алюминия, от 5 до 25 тыс. т железа, 9 тыс. т титана. Располагая подобными материальными ресурсами, Луна обладает еще одним достоинством — близким расположением, с нее энергетически выгоднее привозить материалы, чем с Земли. Создание крупных производственных станций около Земли неизбежно потребует существенных затрат. Например, для доставки с Земли на геостационарную орбиту полезного груза общей массой 1 млн. т потребуется около 300 млн. т топлива и примерно 2.5 млн. т конст-

фотографии астероидов Гаспра (вверху), Эрос, Матильда (в середине), Ида (внизу), сделанные АМС "Галилей" и "NEAR". Фото NASA.

рукционных материалов. При этом в атмосферу поступит около 40 млн. т загрязняющих веществ. С другой стороны, в случае доставки такого же по массе полезного груза с Луны, потребуется всего лишь 90 млн. т топлива и 0.25 млн. т необходимых материалов (Земля и Вселенная, 1987, № 2; 1990, № 5).

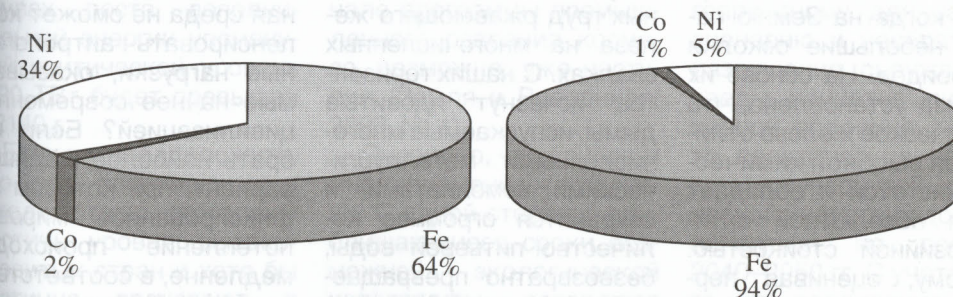
Несмотря на доступность для исследований с помощью современной космической техники, ресурсные возможности астероидов малоизучены. Однако отдельные свойства этих малых тел известны уже сейчас. В настоящее время обнаружено более 200 объектов, сближающихся с Землей. Наибольший из них достигает 40 км в поперечнике, наименьший — около 10 м. Определен тип 50 астероидов: по своему составу



они делятся на металлические, каменно-металлические и каменные. Благодаря близко расположенным к Земле орбитам и малым массам большинство этих объектов

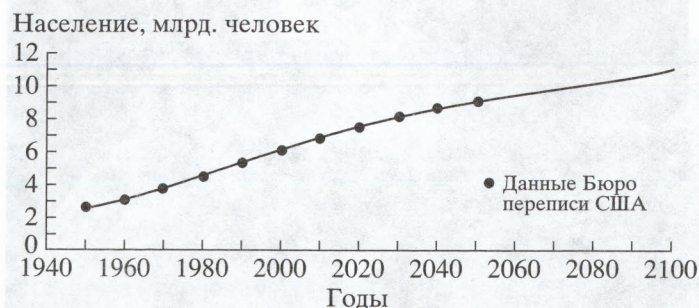
более доступны с точки зрения ракетно-космической энергетики, чем Луна (Земля и Вселенная, 2003, № 3).

В то же время, согласно наблюдательным дан-

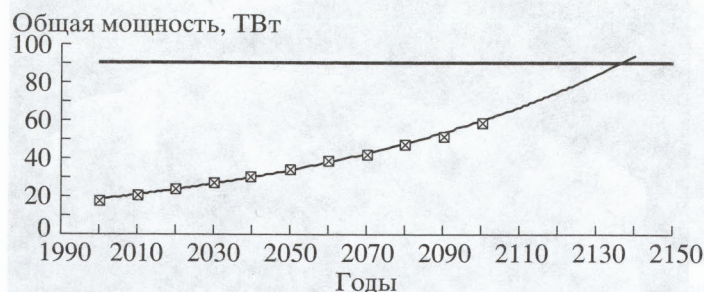


Содержание металлов в хондритовых и железных астероидах. В железном астероиде размером 1 км содержится количество железа, эквивалентное мировому производству стали в течение 5 лет.

Модель роста населения Земли



Мировое производство энергии



ным, железный астероид, например, размером всего лишь 1 км содержит 3.8 млрд. т железа, 0.2 млрд. т никеля и 40 млн. т кобальта. Мало того, что указанное количество железа эквивалентно мировому производству стали в течение 5 лет, этот материал обладает уникальными свойствами. Известно много случаев, когда на Землю падали небольшие осколки астероидов. На основе их анализа установлено, что космическое железо отличается высокой химической чистотой и обладает почти абсолютной антикоррозийной стойкостью. Поэтому, оценивая перспективы возможного промышленного использования железа, добытого из астероидов, следует учи-

тывать не только его количество. Ведь изготовленные из него изделия будут практически вечными и устареют только морально, но не физически. Трудно переоценить экономические и экологические преимущества космического железа. Кроме долговечности изделий этот металл принесет человечеству избавление от огромных груд ржавеющего железа на многочисленных свалках. С наших горизонтов исчезнут ядовитые дымы, испускаемые многочисленными металлургическими комбинатами, и сохранится огромное количество питьевой воды, безвозвратно превращаемой сейчас в сточные промышленные отходы. А ведь недостаток чистой воды — это одна из про-

Модели роста населения Земли и мирового производства энергии в XXI в. В настоящее время на душу населения в год производится примерно 2.5 кВт энергии, или 17 ТВт. Если модель реальна, то критический уровень производства энергии будет превышен уже к середине XXII в.

блем, с которой уже сегодня сталкивается население во многих районах земного шара.

Однако возникает другой вопрос: а располагает ли человечество временем для неспешного, постепенного выполнения долгосрочной и дорогостоящей космической программы по освоению Луны и астероидов?

ПРОИЗВОДСТВО ЭНЕРГИИ В БУДУЩЕМ

Итак, пока мы не приступили к выполнению программы индустриализации космоса, наше будущее зависит от количества энергии, все в больших масштабах производимой на Земле.

Когда же наступит критический "момент" и земная среда не сможет компенсировать антропогенные нагрузки, оказываемые на нее современной цивилизацией? Если избрать наиболее щадящий вариант, при котором зафиксированное мировое потепление происходит медленно, в соответствии с линейной зависимостью, то можно убедиться, что критическое повышение средней мировой темпе-

ратуры на 5° относительно современного уровня будет достигнуто к 2060–2070 гг. При сохранении подобной тенденции и далее к концу XXI в. общее потепление превысит 10–15°. Это означает полную экологическую катастрофу на Земле. По другим оценкам, уже к 2020 г. проявятся первые негативные признаки парникового эффекта, к 2030 г. они станут явными, а к 2050 г. их разрушительное действие окажется необратимым и, вследствие глобальной экологической катастрофы, к 2070 г. может погибнуть до 2/3 населения Земли.

Оценки вероятных тенденций перепроизводства энергии внутри земной среды обитания ставят несколько более отдаленные критические сроки, которые, однако, тоже не выходят далеко за пределы наступившего века. Даже при существующем сегодня уровне потребления энергии на душу населения, учитывая только прогнозируемый рост населения Земли, к 2050 г. производство энергии должно удвоиться и составить не менее 30 ТВт. При таких темпах роста дополнительной энергии упомянутый критический уровень в 90 ТВт будет превышен к 2140 г.

Если же предположить, что все развивающиеся сегодня страны пожелают достичь уровня высокоразвитых стран и хотя бы частично преуспеют в этом (что вполне вероятно), то человечеству потребуется уже к 2050 г.

увеличить добычу сырья и потребление энергии в несколько раз. В этом случае критический уровень перепроизводства энергии внутри земной среды может быть перекрыт к 2060–2070 гг. Эти выводы почти совпадают с приведенной выше оценкой времени наступления критической фазы парникового эффекта.

Таким образом, существует достаточно реальная угроза, что к концу XXI в. или, в лучшем случае, к середине следующего столетия земная среда и природные ресурсы нашей планеты не смогут выдержать техногенную нагрузку. Это неизбежно приведет к постепенной (или даже стремительной!) деградации человечества.

ПОСЛЕДНИЙ РУБЕЖ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

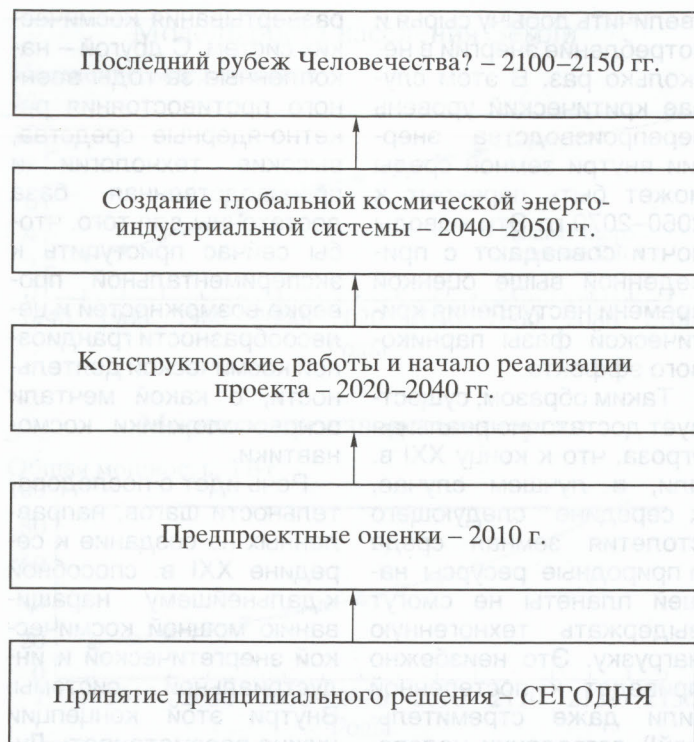
Представляется очевидным, что разрушающие земную среду процессы начнутся гораздо раньше упомянутых критических сроков. В связи с этим подчеркнем, что временной рубеж принятия кардинальных решений о начале программы промышленного освоения космоса, возможно, уже наступил (Земля и Вселенная, 2003, № 4).

Очевидно, что слишком много времени уже упущено. С одной стороны, приближающиеся сроки возможной экологической катастрофы оставляют очень мало времени для создания и отработки необходимых технологий и

развертывания космических систем. С другой — накопленные за годы военного противостояния ракетно-ядерные средства, высокие технологии и производственная база достаточны для того, чтобы сейчас приступить к экспериментальной проверке возможностей и целесообразности грандиозной космической деятельности, о какой мечтали основоположники космонавтики.

Речь идет о последовательности шагов, направленных на создание к середине XXI в. способной к дальнейшему наращиванию мощной космической энергетической и индустриальной системы. Внутри этой концепции нужно рассматривать Луну как преимущественно энергетическую базу в ближнем космосе, а астероиды — как источник материальных ресурсов. По-видимому, этапы создания космической индустриальной системы с обратным отсчетом времени от будущей критичной даты можно представить следующим образом.

Если развитие событий пойдет по наиболее благоприятному для землян сценарию и необратимое разрушение окружающей среды начнется лишь в первой половине XXII в., то практические результаты развернутой космической индустрии должны появиться не позднее 2040–2050 гг. С учетом того, что реализация крупных космических проектов в современных условиях может занять не ме-



нее 20–30 лет, детальную разработку и начальный этап реализации глобального проекта космической индустрии необходимо завершить к 2020–2040 гг. Следовательно, все предварительное проектирование и подготовку рабочего варианта долгосрочной программы надо выполнить в ближайшие 5–10 лет! Это означает, что принципиальное решение о возврате к интенсивным исследованиям Луны и астероидов и идее создания обитаемой лунной базы должно быть принято сейчас – в начале наступившего столетия (Земля

и Вселенная, 1987, № 2; 1991, № 5).

“ВОЗЬМЕМСЯ ЗА РУКИ, ДРУЗЬЯ...”

Очевидно, что проекты, непосредственно связанные с политическими, военными, экономическими вопросами, с проблемами безопасности и межгосударственного сотрудничества, могут быть только международными, должны разрабатываться и реализовываться под полным и постоянным контролем всего мирового сообщества. А все работы, начиная с самых ранних стадий ис-

Предлагаемая автором блок-схема временной шкалы принятия кардинальных решений.

следований и экспериментов, должны выполняться в условиях полной открытости и финансироваться мировым сообществом в основном из средств, выделяемых на устойчивое развитие. В этой связи целесообразно рассмотреть (с участием специалистов ведущих стран!) рациональное применение подлежащей уничтожению части ракетно-ядерного потенциала России и США (а затем Франции, Англии, Китая и др.) для ускоренной индустриализации космоса, чтобы в сжатые сроки обеспечить программы устойчивого развития и защиты Земли.

При положительных результатах начальной стадии международной космической кооперации можно приступить к разработке соответствующих международных программ. Упомянутый потенциал рассматривается в качестве средств и технологий двойного применения как материальный вклад ведущих космических держав (оценивается в 100–200 млрд. долларов) в обеспечение устойчивого развития общества и сохранения природной среды планеты.

Любительская астрономия

Небесный календарь: май – июнь 2005 г.

Таблица I

ОСНОВНЫЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ

Дата	Время, ч	Событие
МАЙ		
1	6.4	Луна в последней четверти
5	17	Максимум активности метеорного потока η -Аквариды
8	8.8	Новолуние
13	13.0	Луна в 5° севернее Сатурна
14	–	Максимум блеска долгопериодической переменной звезды R Орла
14	13.7	Луна в апогее (видимый диаметр 29'32")
14	20.5	Марс в 1° южнее Урана
16	9.0	Луна в первой четверти
19	22.4	Луна в 0.4° южнее Юпитера
20	3.1	Нептун переходит от прямого движения к попятному
23	20.3	Полнолуние
26	–	Максимум блеска долгопериодической переменной звезды R Кассиопеи
26	10.7	Луна в перигее (видимый диаметр 32'48")
28	20.8	Луна в 5° южнее Нептуна
30	11.8	Луна в последней четверти
30	12.5	Луна в 3° южнее Урана
31	9.3	Луна в 1° южнее Марса
ИЮНЬ		
1	–	Максимум блеска долгопериодической переменной звезды R Льва
3	9.2	Меркурий в верхнем соединении с Солнцем
5	22.0	Юпитер переходит от попятного движения к прямому
6	21.9	Новолуние
8	12.2	Луна в 4° севернее Венеры
10	1.8	Луна в 5° севернее Сатурна
11	6.2	Луна в апогее (видимый диаметр 29'28")
15	1.4	Луна в первой четверти
15	6.6	Уран переходит от прямого движения к попятному
16	6.8	Луна в 0.4° южнее Юпитера
20	17	Покрытие звезды Антарес Луной
21	6.8	Летнее солнцестояние
22	4.2	Полнолуние
23	11.8	Луна в перигее (видимый диаметр 33'13")
25	4.0	Луна в 5° южнее Нептуна
25	21.4	Венера в 1° севернее Сатурна
26	6.2	Меркурий в 1° севернее Сатурна
26	19.2	Луна в 3° южнее Урана
27	20.3	Меркурий в 0.08° южнее Венеры
28	18.4	Луна в последней четверти
29	3.9	Луна в 2° севернее Марса

Примечание. Во всех таблицах и тексте дано Всемирное время (кроме особо оговоренных случаев).

Таблица II

ЭФЕМЕРИДЫ СОЛНЦА

Дата	α		δ		45°		55°		65°	
	ч	м	°	'	восход	заход	восход	заход	восход	заход
Май 1	02	33.2	+15	02	04 49	19 06	04 20	19 35	03 26	20 30
11	03	11.9	+17	51	04 36	19 18	03 59	19 54	02 49	21 05
21	03	51.5	+20	10	04 25	19 29	03 42	20 12	02 14	21 41
31	04	31.9	+21	54	04 17	19 39	03 30	20 27	01 41	22 15
Июнь 10	05	13.1	+23	00	04 13	19 46	03 22	20 38	01 15	22 46
20	05	54.7	+23	26	04 13	19 50	03 20	20 43	01 01	23 01
30	06	36.2	+23	11	04 16	19 51	03 25	20 43	01 13	22 52

Пример. Определить время захода Солнца 20 июня 2005 г. в Курске (широта $51^{\circ}43'$, долгота $02^{\circ}25'$, номер часового пояса $n = 2$). По таблице "Эфемериды Солнца" интерполируем по широте значение времени захода Солнца на 20 июня, получаем $20^{\circ}24'$. Вычтем долготу места и прибавим номер часового пояса (n), $1^{\text{ч}}$ для учета декретного времени и еще $1^{\text{ч}}$ для учета летнего времени, получаем $21^{\text{ч}}59^{\text{м}}$.

Примечание. Экваториальные координаты α и δ в таблицах даны на $0^{\text{ч}}$ UT.

ЭФЕМЕРИДЫ ПЛАНЕТ

Дата		α		δ		m	d	f	45°	55°	65°	Период
		ч	м	°	'		''					
Меркурий												
Май	1	00	56.6	+02	53	0.3	7.4	0.51	—	—	—	
	11	01	47.3	+08	10	−0.1	6.3	0.67	—	—	—	
	21	02	52.2	+14	49	−0.8	5.5	0.84	—	—	—	
	31	04	14.2	+21	19	−1.8	5.1	0.99	—	—	—	
Июнь	10	05	48.0	+24	59	−1.4	5.2	0.94	—	—	—	
	20	07	14.1	+24	21	−0.5	5.8	0.76	—	—	—	
	30	08	20.6	+20	47	0.1	6.8	0.57	0.3	—	—	
	Вечер											
Венера												
Май	1	03	05.4	+16	59	−3.8	9.8	0.99	—	—	—	
	11	03	55.5	+20	21	−3.8	9.9	0.98	0.6	—	—	
	21	04	47.3	+22	47	−3.8	10.0	0.97	1.0	0.8	—	
	31	05	40.5	+24	09	−3.8	10.2	0.96	1.2	1.1	—	
Июнь	10	06	34.2	+24	20	−3.7	10.4	0.95	1.4	1.2	—	
	20	07	27.3	+23	20	−3.7	10.7	0.93	1.5	1.1	—	
	30	08	19.1	+21	14	−3.7	11.0	0.91	1.5	1.1	—	
	Вечер											

Таблица III. Окончание

ЭФЕМЕРИДЫ ПЛАНЕТ

Дата		α		δ		m	d	f	45°	55°	65°	Период
		ч	м	°	'		''					
Марс												
Май	1	22	10.3	−13	01	0.6	6.7	0.87	1.9	−	−	Утро
	11	22	38.1	−10	33	0.5	7.1	0.86	2.1	0.2	−	Утро
	21	23	05.4	−07	58	0.4	7.5	0.86	2.3	0.7	−	Утро
	31	23	32.0	−05	19	0.3	7.9	0.85	2.6	1.1	−	Утро
Июнь	10	23	58.2	−02	39	0.2	8.3	0.85	3.0	1.6	−	Утро
	20	00	23.8	−00	02	0.0	8.8	0.84	3.4	2.2	−	Утро
	30	00	48.9	+02	30	−0.1	9.3	0.84	4.0	2.9	−	Утро
Юпитер												
Май	1	12	41.9	−02	49	−2.4	43.2	1.00	9.0	8.2	6.6	Ночь
	11	12	38.7	−02	31	−2.4	42.3	1.00	8.1	7.3	5.4	Ночь
	21	12	36.5	−02	19	−2.3	41.4	0.99	7.2	6.4	4.1	Вечер
	31	12	35.3	−02	14	−2.3	40.3	0.99	6.4	5.6	2.6	Вечер
Июнь	10	12	35.1	−02	16	−2.2	39.2	0.99	5.6	4.7	0.2	Вечер
	20	12	36.1	−02	25	−2.1	38.0	0.99	4.9	3.9	−	Вечер
	30	12	38.2	−02	41	−2.1	36.9	0.99	4.2	3.2	−	Вечер
Сатурн												
Май	1	07	34.4	+21	51	0.2	17.7	1.00	5.3	5.4	4.6	Ночь
	11	07	37.6	+21	44	0.2	17.4	1.00	4.4	4.4	2.5	Вечер
	21	07	41.3	+21	36	0.2	17.2	1.00	3.5	3.3	−	Вечер
	31	07	45.5	+21	27	0.2	16.9	1.00	2.7	2.2	−	Вечер
Июнь	10	07	50.1	+21	16	0.2	16.8	1.00	1.8	0.6	−	Вечер
	20	07	55.0	+21	03	0.2	16.6	1.00	0.9	−	−	Вечер
	30	08	00.2	+20	50	0.2	16.5	1.00	−	−	−	

ВИДИМОСТЬ ПЛАНЕТ

Меркурий появляется на фоне вечерней зари в конце июня, виден невооруженным глазом только в южных районах России.

Венера будет сиять ранним вечером на северо-западе.

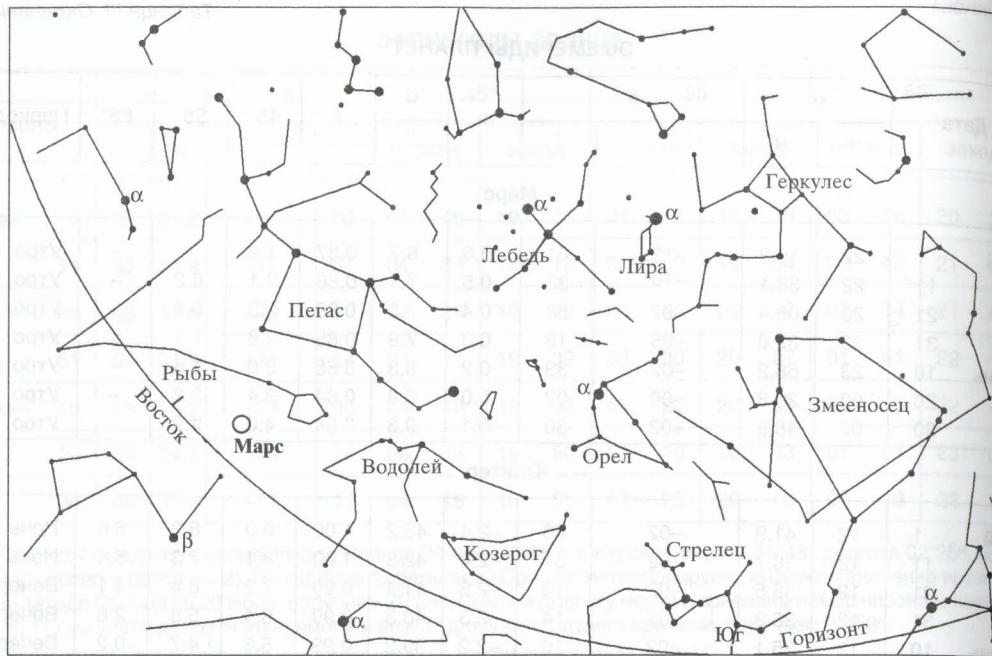
Марс восходит над восточной частью горизонта незадолго до рассвета в созвездиях Водолея и Рыб.

Юпитер хорошо виден вечером и в первой половине ночи на юге и юго-западе в созвездии Девы.

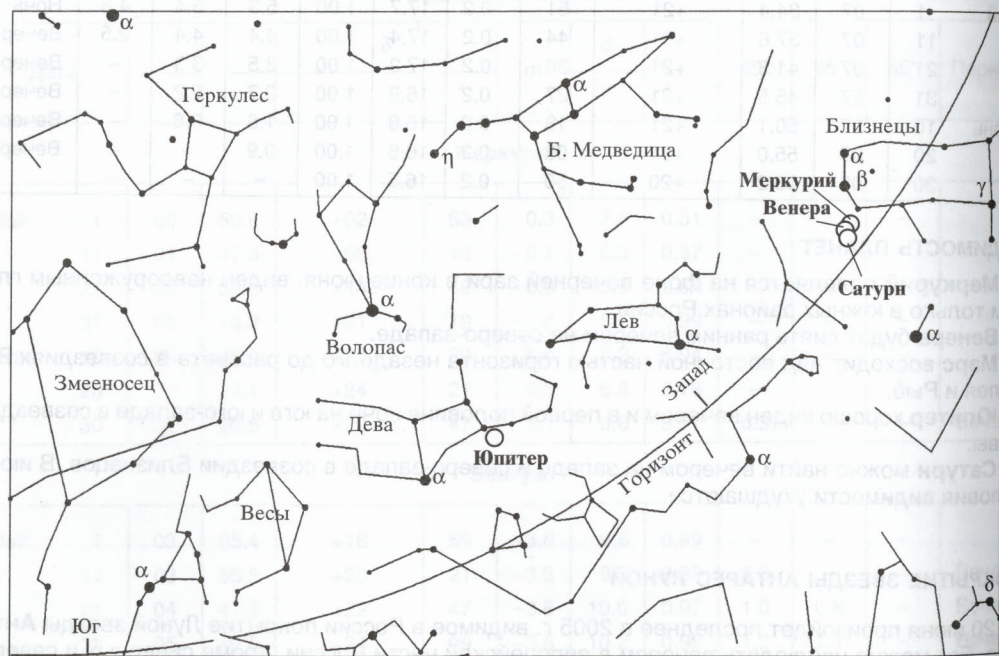
Сатурн можно найти вечером на западе и северо-западе в созвездии Близнецов. В июне условия видимости ухудшаются.

ПОКРЫТИЕ ЗВЕЗДЫ АНТАРЕС ЛУНОЙ

20 июня произойдет последнее в 2005 г. видимое в России покрытие Луной звезды **Антарес**. Его можно наблюдать вечером в европейской части России (кроме северных и северо-западных областей), а также в ночь с 20 на 21 июня в юго-западной части Сибири. В западных и центральных районах России покрытие будет видно на светлом вечернем небе во время восхода Луны и Антареса. Луна в этот момент достигнет почти полной фазы (0.97). Антарес скроется за узкой темной частью лунного диска, а появится из-за его светлого края.



Вид утреннего звездного неба 15 июня в 3 ч по московскому времени. Показано положение Марса.



Вид вечернего звездного неба 25 июня в 23 ч по московскому времени. Показаны положения Меркурия, Венеры, Юпитера и Сатурна.

Таблица IV

ОБСТОЯТЕЛЬСТВА ВИДИМОСТИ ПОКРЫТИЯ ЛУНОЙ ЗВЕЗДЫ АНТАРЕС

Город	Покрытие		Открытие	
	ч	м	ч	м
Волгоград	16	44	17	49
Екатеринбург	17	15	18	01
Иркутск	18	20	18	54
Казань	16	58	17	54
Краснодар	16	36	17	42
Красноярск	18	09	18	30
Москва	—	—	17	46
Нижний Новгород	16	53	17	50
Новосибирск	17	55	18	20
Омск	17	37	18	11
Пермь	17	10	17	58
Ростов-на-Дону	16	38	17	44
Самара	16	56	17	54
Саратов	16	49	17	51
Томск	17	58	18	20
Челябинск	17	15	18	02

Примечание. Прочерк на месте времени покрытия означает, что оно произойдет до восхода Луны над горизонтом.

КОМЕТА ТЕМПЕЛЯ 1 И АСТЕРОИД ЦЕРЕРА

В середине 2005 г. к перигелию своей орбиты подойдет комета **Темпеля 1 (9P)**, которую астрономы наблюдают уже более века. Минимальное расстояние кометы от Солнца составляет около 1.5 а.е., хорошие условия ее видимости могут наступить, только если Земля в это же время окажется недалеко от точки перигелия орбиты кометы. Подобная ситуация сложится весной и летом 2005 г., когда Земля окажется между кометой и

Солнцем. По прогнозам, «пришелица» станет ярче 10^м и ее можно будет наблюдать большую часть ночи в созвездии Девы. 31 мая комета пройдет рядом со звездой δ Девы.

В это же время недалеко к востоку от кометы Темпеля 1, в северной части созвездия Весов, пройдет астероид **Церера**. Блеск Цереры в начале мая достигнет 7^м, и она будет вполне доступна наблюдениям в бинокль.

Таблица V

ЭФЕМЕРИДЫ КОМЕТЫ ТЕМПЕЛЯ 1 (9P)

Дата		α		δ		Расстояние		Элонгация	Блеск
		ч	м	°	'	от Земли	от Солнца		
						а.е.	а.е.	°	м
Май	1	12	57.4	+11	30	0.71	1.64	144	10.1
	6	12	54.7	+10	36	0.71	1.62	140	10.0
	11	12	52.8	+09	29	0.71	1.60	136	9.9
	16	12	51.9	+08	13	0.72	1.59	132	9.8
	21	12	52.1	+06	47	0.73	1.57	128	9.7
	26	12	53.3	+05	13	0.74	1.56	125	9.7
Июнь	31	12	55.7	+03	32	0.75	1.55	121	9.6
	5	12	59.1	+01	46	0.77	1.54	118	9.6
	10	13	03.5	-00	05	0.79	1.53	115	9.6
	15	13	08.9	-01	59	0.81	1.52	113	9.6
	20	13	15.2	-03	56	0.83	1.51	110	9.6
	25	13	22.4	-05	54	0.85	1.51	108	9.6
Июль	30	13	30.4	-07	53	0.87	1.51	106	9.7
	5	13	39.2	-09	52	0.90	1.51	104	9.7
	10	13	48.8	-11	49	0.93	1.51	102	9.8
	15	13	59.0	-13	44	0.95	1.51	100	9.9

ЭФЕМЕРИДЫ ЦЕРЕРЫ

Таблица VI

Дата		α		δ		Расстояние		Элонгация	Блеск
						от Земли	от Солнца		
		ч	м	°	'	а.е.	а.е.	°	m
Май	1	15	16.2	-08	06	1.69	2.68	167	7.0
	6	15	11.6	-08	03	1.69	2.69	170	7.0
	11	15	07.0	-08	01	1.69	2.69	170	7.0
	16	15	02.4	-08	01	1.70	2.70	167	7.1
	21	14	58.0	-08	04	1.72	2.70	162	7.2
	26	14	53.9	-08	09	1.74	2.70	157	7.3
Июнь	31	14	50.2	-08	17	1.77	2.71	152	7.4
	5	14	47.0	-08	28	1.81	2.71	147	7.5
	10	14	44.3	-08	42	1.85	2.72	142	7.6
	15	14	42.2	-08	58	1.89	2.72	137	7.8
	20	14	40.7	-09	18	1.94	2.72	132	7.9
	25	14	39.8	-09	39	1.99	2.73	127	8.0
	30	14	39.5	-10	03	2.05	2.73	122	8.1

Информация

Частицы солнечного ветра на Земле

8 сентября 2004 г. примерно в 16 ч по Гринвичу капсула американского космического аппарата "Генезис" ("Genesis"; Земля и Вселенная, 2002, № 1) упала на Землю в пустынной местности штата Юта и разбилась. Контейнеры коллектора с частицами солнечного ветра (вместе с ловушками из кремния, золота, сапфира и алмаза), к счастью, не пострадали. По плану спускаемый аппарат (масса 190 кг) при посадке должен был быть пойман вертолетом, но этого сделать не удалось. NASA создало комиссию по расследованию причины аварии.

Напомним, что "Генезис" запустили 8 августа 2001 г. и он через несколько месяцев достиг точки Лагранжа L1 (1.5 млн. км от Земли), где в течение 27 месяцев регистрировал и собирал частицы солнечного ветра в коллекторы-накопители. После этого необходимо было вернуть ценнейший груз на Землю. Перед входом в атмосферу 8 сентября в 11 ч 53 мин по Гринвичу спускаемый аппарат отделился от КА "Генезис". Диспетчеры станции управления полетом зафиксировали сигнал от возвращаемой капсулы в верхних слоях атмосферы, все этапы спуска прошли штатно, кроме последнего – тормозной парашют не раскрылся. Операцию по спасению капсулы стоимостью 264 млн. долларов отменили. Капсулу ловили два специально оборудованных вертолета. Пилоты, участвовавшие в этой операции, имели огромный опыт в тушении лесных пожаров с воздуха и даже в каскадерских трюках. Спускаемый аппарат врезался в Землю со скоростью 320 км/ч. Чтобы осторожно извлечь капсулу из почвы, потребовалось много времени.

Капсулу поместили в специально оборудованную комнату на одном из военных полигонов в месте посадки и аккуратно



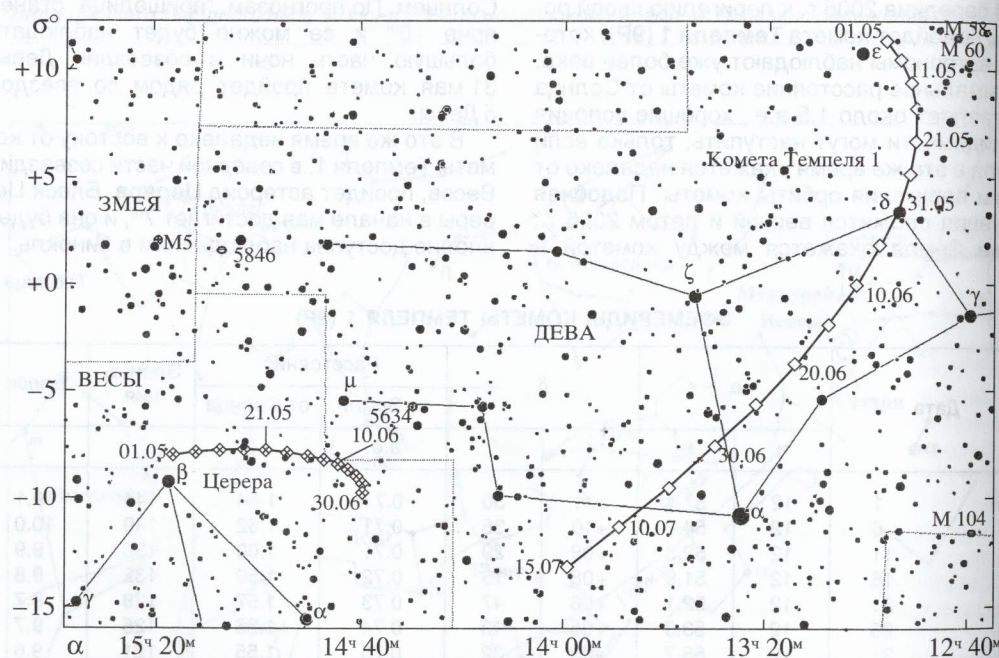
Обломки капсулы КА "Генезис" после жесткой посадки. Фото NASA.

но извлекли все, что в ней осталось. Удалось отобрать образцы с частицами, пригодными для исследований. В распоряжении ученых оказалось около миллиарда разных частиц, в основном ионов водорода. Они были переданы в лабораторию Космического центра им. Л. Джонсона в Хьюстоне.

Доставленные на Землю образцы внеземного вещества стали первыми после возвращения лунного грунта в 1970-х гг.

Ученые надеются, что частицы солнечного ветра помогут лучше понять состав Солнца и окружающее Землю пространство, а содержащиеся в них изотопы кислорода – уточнить роль кислорода в формировании Солнечной системы (см. сайты в Интернете: <http://www.nasa.gov/genesis> и <http://genesission.jpl.nasa.gov/>).

По материалам NASA, сентябрь–октябрь 2004 г.



Видимые пути кометы Темпеля 1 (9P) и астероида Церера среди звезд.

О.С. УГОЛЬНИКОВ



Деформированные части капсулы КА "Генезис" с ловушками частиц солнечного ветра в национальной лаборатории армии США в Лос-Аламосе сразу после извлечения их из почвы. Фото NASA.

Космолет "Спейсшип-1"

Американский частный космический корабль "Спейсшип-1" ("SpaceShipOne") совершил второй полет. Его владелец **Берт Рутан** выиграл "Ansari X-prize" (Икс-приз). Этот приз (в размере 10 млн. долларов) учрежден в 1996 г. инженером, предпринимателем и ученым П. Диамандисом. Премия присуждается частным лицам за вклад в развитие космонавтики.

"Спейсшип-1" с пилотом и грузом массой 180 кг (согласно условиям конкурса, в кабине должны находиться три члена экипажа или эквивалентный груз) поднялся на высоту 112 км (первый зачетный полет на высоту 109 км состоялся 29 сентября). "Спейсшип-1" предназначен для суборбитальных полетов на высоте около 100 км, снабжен гибридным ракетным двигателем тягой 4560 кГс, способным за 90 с увеличить скорость на 1.5 км/с. Гермокабина оснащена девятью иллюминаторами и приспособлена к полетам без скафандров. Взлетная масса ракетоплана – 3.6 т,

из них масса топлива – 1.64 т. Диаметр кабины пилота – 1.52 м, размах крыла – 5 м, площадь крыла – 15 м². Космическая система состоит из самолета-носителя "White Knight" (белый рыцарь) с двумя турбореактивными двигателями массой 4.1 т и размахом крыла 15 м, под фюзеляжем которого устанавливается "Спейсшип-1". На высоте 14–15 км (в 65 км от взлетно-посадочной полосы) при скорости 215 км/ч ракетоплан сбрасывается и совершает автономный полет. Набор высоты производится с помощью ракетного двигателя за 65–90 с, после чего он выключается, и полет продолжается по баллистической траектории. Достигнув апогея, космолет планирует в атмосфере и потом совершает посадку на ту же полосу, с которой стартовал.

Взлет самолета "White Knight" с закрепленным на фюзеляже ракетопланом произошел **4 октября 2004 г.** в 14 ч 49 мин по Гринвичу (7 ч 49 мин по местному времени) с аэродрома Мохаве в штате Калифорния. Через 30 мин космолет отделился от самолета-носителя. Вслед за этим был включен ракетный двигатель, проработавший 97 с и доставивший космолет к границе атмосферы. Пилотировал корабль исследователь Б. Бинни, выпускник

школы летчиков-испытателей ВМС США, налетавший на самолетах 59 различных типов более 4600 ч. В 16 ч 13 мин по Гринвичу корабль благополучно приземлился на том же аэродроме. Дату для своего рекорда Б. Рутан выбрал не случайно – в этот день 47 лет назад в СССР был запущен первый в мире искусственный спутник Земли.

В дальнейшем частные полеты станут происходить чаще и, вероятно, помогут развитию космического туризма. В очередь на будущие космические рейсы компании Scaled Composites уже записались сто человек (примерная стоимость билета составит 102 тыс. долларов).

Россия тоже намерена заняться космическим туризмом. На Всемирной выставке ЭКСПО-2005 наша страна представит макет многоразового суборбитального корабля, который создан на Экспериментальном машиностроительном заводе им. В.М. Ясищева по заказу ЗАО "Суборбитальная корпорация". Космолет будет подниматься самолетом-носителем М-55 "Геофизик".

По материалам Scaled Composites, информационных агентств и НПО "Молния", 5 октября 2004 г.

Компьютерная алгебра и задача трех тел

В мае 2004 г. вычислительный Центр им. А.А. Дородницына РАН опубликовал очередное сообщение по прикладной математике под названием "Применение теории условно-периодических решений и методов компьютерной алгебры¹ в ограниченной задаче трех тел" (авторы **В.П. Бору-**

нов, Ю.А. Рябов, О.В. Сурков). В этом сообщении (объем 36 стр.) приведен новый итерационный алгоритм для построения решения точных (!) уравнений движения в плоской круговой ограниченной задаче трех тел (Солнце – Юпитер – малая планета), а также пример конкретного решения (16 стр.), полученного на РС Pentium 2 в автоматическом режиме с помощью соответствующей компьютерной программы.

странстве трех тел, притягивающих друг друга по закону Ньютона, полученный (1912 г.) финским математиком К. Зундманом, построившим теоретически точное решение в виде математических рядов. Эти ряды имеют столь сложную структуру, что не позволяют ни провести какие-либо конкретные расчеты траекторий движения, ни сделать выводы о характере движений. Важные результаты о характере движений в задаче трех тел (и в общей задаче о движении системы планет), а также в отношении методов построения решений соответствующих уравнений получены в теории Колмогорова – Арнольда – Мозера (КАМ – теории). Имеется немало примеров численного решения точных уравнений и построения решений в виде рядов для приближенных (осредненных или укороченных) уравнений движения, построения решений специального вида (в частности, периодических), а также выполнены математические исследования так называемой устойчивости движений в различных вариантах задачи трех тел.

Алгоритм, приведенный в цитированном сообщении, и соответствующая программа для РС интересны тем, что они позволяют строить решения, во-первых, удовлетворяющие точным уравнениям движения (в выбранной астрономической схеме плоской круговой задачи), причем с назначенной заранее высокой точностью; во-вторых, справедливые на неограниченном интервале времени, и, в третьих, получаемые пользователем РС в автоматическом режиме достаточно просто и быстро.

Данный алгоритм в основном был разработан автором более 20 лет назад, но только в 2003 г. выпускник МФТИ О.В. Сурков составил компьютерную программу для упрощенного варианта алгоритма, эффективно реализуемую на РС средней мощности. Программа предусматривает ввод в РС численных начальных данных, выбираемых произвольно в достаточно широких интервалах, а также параметров, определяющих желаемую точность решения. Поскольку это решение справедливо на бесконечном интервале времени, то оно позволяет делать выводы относительно качественных "вековых" характеристик изучаемых движений (конечно, в рамках данной астрономической модели).

Существование решений, описывающих стационарные условно-периодические движения малых планет Главного пояса, вытекает из КАМ-теории, но конкретные построения таких решений выполнены впервые. Это оказалось возможным именно благодаря применению методов компьютерной алгебры.

Важно также следующее обстоятельство. Дело в том, что, разработанный алгоритм, как и КАМ-теория, ориентирован на описание нерезонансных движений (Земля и Вселенная, 2003, № 5). Однако оказалось также возможным построение решений при начальных данных, весьма близких к "плохим" резонансным значениям. Например, в случае гипотетических (модельных) малых планет с периодами обращения, близкими к 1/3 периода обращения Юпитера (соизмеримость 1:3), можно построить решения,

если начальные данные отличаются от точных резонансных всего на 0.6%. Отсюда вывод – в рамках принятой астрономической модели могут существовать многочисленные астероиды, обладающие "вечными" движениями, достаточно близкими к резонансным типам 1:3. Вместе с тем среди реально наблюдаемых малых планет нет множества тел с такими движениями, то есть на диаграмме распределения малых планет по их периодам имеется относительно пустое место – "люк Кирквуда" (типа 1:3). В рамках принятой астрономической модели такой люк не должен существовать. Причину его образования следует искать при анализе эволюции орбит малых планет (Земля и Вселенная, 2005, № 1) в более сложных астрономических моделях: плоских и пространственных вариантах задачи четырех тел с учетом влияния Сатурна или Марса.

Предлагаемый алгоритм можно (и даже нужно) усовершенствовать, а также обобщить на случаи пространственной и эллиптической задачи трех тел, а также задачи четырех тел (Солнце – Юпитер – Сатурн – малая планета; Солнце – Юпитер – Марс – малая планета). Для реализации соответствующих компьютерных программ потребуются, конечно, гораздо более мощный и более скоростной ПК.

Ю.А. РЯБОВ,
доктор
физико-математических наук
Московский
автомобильно-дорожный
институт

¹Выполнение алгебраических операций с помощью компьютерных программ.

Информация

Проект российского пилотируемого корабля

1 декабря 2004 г. в РКК “Энергия” им. С.П. Королёва впервые продемонстрировали общественности макет российского многоразового пилотируемого КК “Клипер”. Такого перспективного и многофункционального корабля нет ни у США, ни у Европы. Уже назрела необходимость замены КК “Союз ТМА” – единственного корабля, который два года доставляет экипажи на Междуна-

Тройное затмение

28 марта 2004 г. с помощью Инфракрасной камеры Космического телескопа им. Хаббла было получено необычное изображение Юпитера (см. стр. 4 обложки).

Пять пятнышек – белое, голубое и три черных – разбросаны по верхней половине планеты. Но более тщательное исследование показало, что эти “пятнышки” представляют собой довольно редкое соединение трех самых больших спутников Юпитера – Ио, Ганимеда и Каллисто.

Черные пятнышки – тени от спутников: от Ио – чуть выше центра и слева; от Ганимеда –

родную космическую станцию. Рассматриваются различные варианты – с “несущим” и самолетным корпусом. Возможна реализация обоих вариантов. Фюзеляж корабля собирается по принципу конструктора “Лего”, и его конфигурацию можно изменять в зависимости от поставленных задач. Макет выполнен в натуральную величину и представляет собой полную капсулу, разделенную на шестиместную кабину, двигательный и бытовой отсеки. По своим характеристикам “Клипер” превосходит КК “Союз ТМА”: длина – около 10 м, диаметр – 3.5 м, стартовая масса – 14.5 т. В конструкции используются теплозащитные материалы, созданные для кораб-

на левом краю; от Каллисто – на правом краю.

Три тени от этих спутников на Юпитере появляются примерно один или два раза за десятилетие и движутся по диску планеты с разными скоростями. Например, самый внешний спутник, Каллисто, движется медленнее остальных. Его тень пересекает планету в 20 раз реже, чем тень от Ио. Поэтому вероятность тройного затмения становится очень малой. Но необычность тройного затмения 2004 г. заключается в том, что вместе с тремя тенями видны и два спутника, пересекающие диск гиганта: Ио – белый кружок в центре; Ганимед – голубой кружок справа вверху. Каллисто находится за преде-

лей “Союз” и “Буран”. Внутренний объем герметичной кабины “Клипера” увеличен в 5 раз и стал значительно комфортабельнее. Ресурс конструкции и приборов рассчитан на 20–25 полетов и на 10 лет эксплуатации. Запуски “Клипера” планируется осуществлять с помощью РН “Зенит” или новым носителем “Онега”. Стоимость проекта может составить около 10 млрд. руб. Если финансирование программы начнется к 2010 г., то в 2012 г. возможен первый запуск нового корабля.

По материалам РКК “Энергия” и Федерального космического агентства, ноябрь–декабрь 2004 г.

лами изображения с правой стороны.

Наблюдения проводились в близком инфракрасном диапазоне. Газ метан в атмосфере Юпитера ограничивает проникновение инфракрасных лучей солнечного света, поэтому облака имеют разные цвета, в зависимости от их высоты. Желтый цвет показывает высокие облака, красный – более низкие, а голубой – самые низкие. Зеленый цвет вблизи полюсов возникает из-за “тумана” в самых верхних слоях атмосферы.

Интернет-сайт www.astronews.ru

Ф.СП-1

АБОНЕМЕНТ

70336

(индекс издания)

на газету
журнал

Земля и Вселенная

Количество комплектов

на год по месяцам:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Куда

(почтовый индекс)

(адрес)

Кому

(фамилия, инициалы)

ДОСТАВочная КАРТОЧКА

70336

(индекс издания)

на газету
журнал

ПВ

место

литер

Земля и Вселенная

(наименование издания)

Стоимость

подписки
пересылки

руб. коп.

руб. коп.

Количество комплектов

на год по месяцам:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Куда

(почтовый индекс)

(адрес)

Кому

(фамилия, инициалы)

Информация

Коррекция орбиты МКС

Как уже известно нашим читателям, в начале ноября 2004 г. произошли вспышки на Солнце, вызвавшие одну из самых сильных магнитных бурь на Земле в истории наблюдений. Она повлияла на плотность верхних слоев атмосферы. Из-за геомагнитных возмущений

атмосфера Земли “разбухла”, а верхние разреженные слои, где летает Международная космическая станция (МКС), уплотнились. Станция стала быстрее терять высоту, снижаясь на 300 м в сутки вместо обычных 100–150 м. В середине ноября 2004 г. высота орбиты понизилась на 7 км. К счастью, это не повлияло на здоровье работающего на МКС экипажа 10-й основной экспедиции С.Ш. Шарипова и Лероя Чиао.

Специалисты ЦУП решили провести коррекцию орбиты станции с помощью двигателей пристыкованного к МКС грузо-

вика “Прогресс М-50”, чтобы поднять орбиту на 4 км. Станция не добрала 2.7 км высоты во время операции при коррекции орбиты 17 ноября. Средняя высота полета станции в ноябре–декабре 2004 г. составляла 360 км, что ниже рабочей орбиты на 40 км. Коррекция по увеличению высоты орбиты на 8.5 км проведена 17 января 2005 г. с помощью следующего грузовика, “Прогресс М-51”.

По материалам ЦУП и РКК “Энергия”, ноябрь–декабрь 2004 г.

Дорогие читатели!

Напоминаем, что подписаться на журнал "Земля и Вселенная" вы можете с любого номера по Объединенному каталогу "Пресса России" (I полугодие 2005 г.) во всех отделениях связи. Подписной индекс – 70336.

Заведующая редакцией Г.В. Матросова
Зав. отделом астрономии Г.Н. Яшина
Зав. отделом наук о Земле В.А. Маркин
Зав. отделом космонавтики С.А. Герасютин

Художественные редакторы О.Н. Никитина, М.С. Вьюшина
Литературный редактор О.Н. Фролова
Мл. редактор Л.В. Рябцева
Оператор ПК Н.Н. Токарева
Корректор Г.В. Печникова
Обложку оформила О.Н. Никитина

Сдано в набор 11.01.2005. Подписано в печать 02.03.2005. Формат бумаги 70×100/16
Офсетная печать. Уч.-изд. л. 12.1. Усл.печ. л. 9.1. Усл.кр.-отт. 7.3 тыс. Бум. л. 3.5
Тираж 782 экз. Заказ № 9094

Свидетельство о регистрации № 2119 от 28.06.91

Учредители: Российская академия наук, Президиум

Адрес издателя: 117997 Москва, Профсоюзная ул., 90

Адрес редакции: 119991 Москва, Мароновский пер., 26

Телефоны: (факс) 238-42-32, 238-29-66

E-mail: zevs@naukaran.ru

Web-страница журнала: <http://ziv.telescopes.ru>

Оригинал-макет подготовлен МАИК "Наука/Интерпериодика"

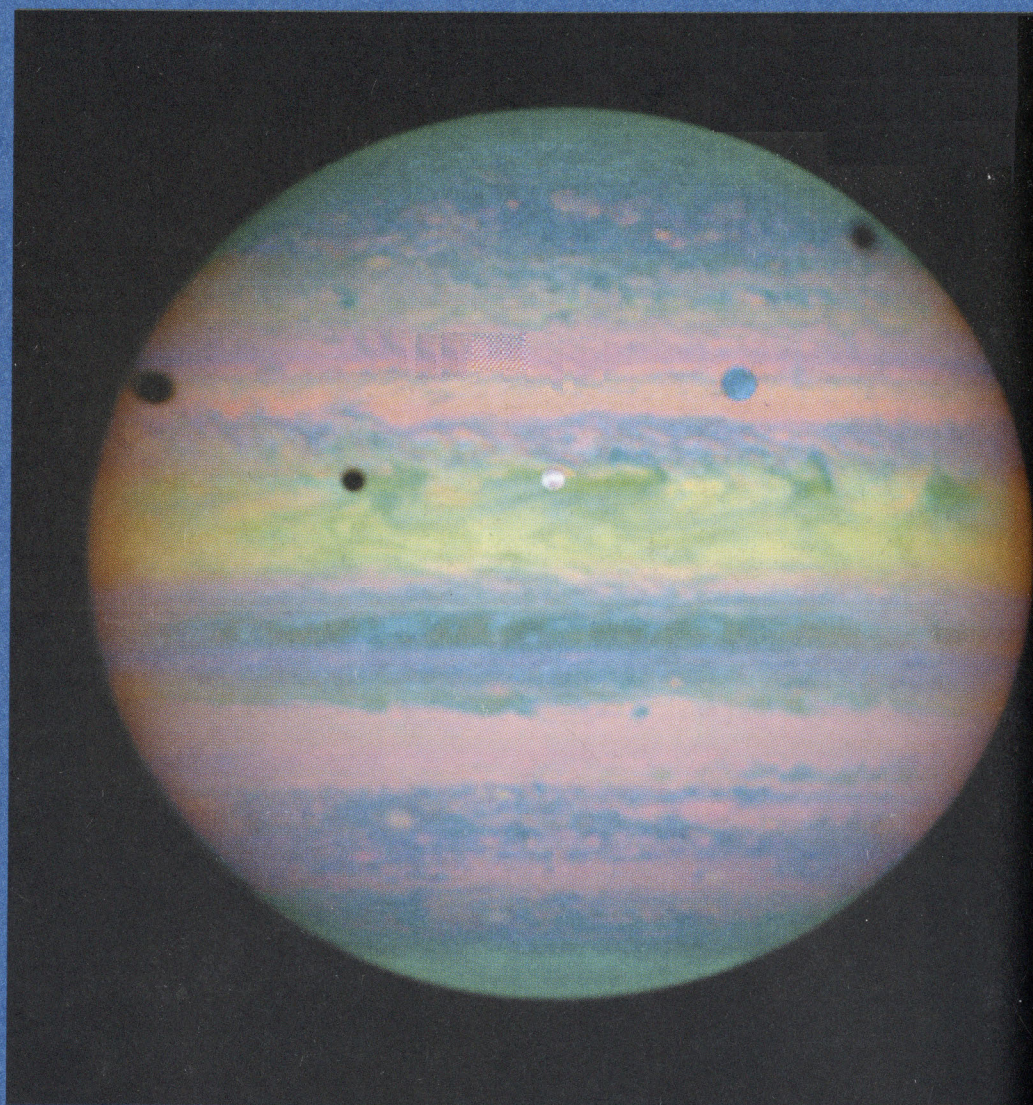
Отпечатано в ППП "Типография Наука"
121099 Москва, Шубинский пер., 6

ВОСТОЧНОЕ ПОЛУШАРИЕ МАРСА



1:26000000

Равновеликая азимутальная проекция



“НАУКА”
Индекс 70336